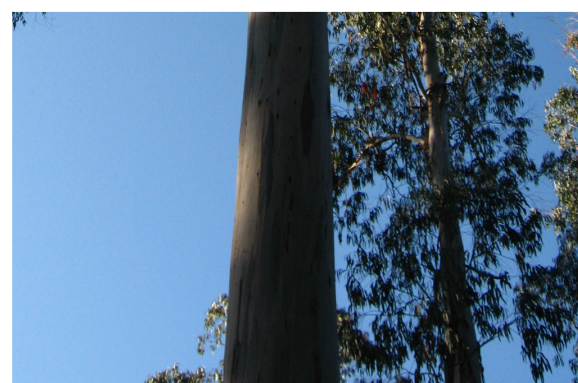
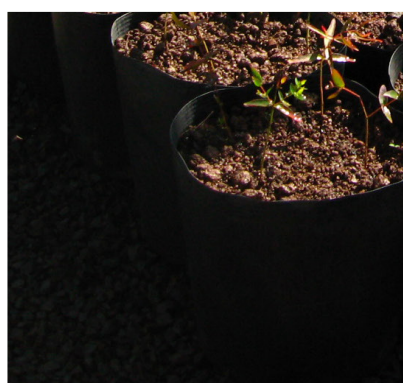
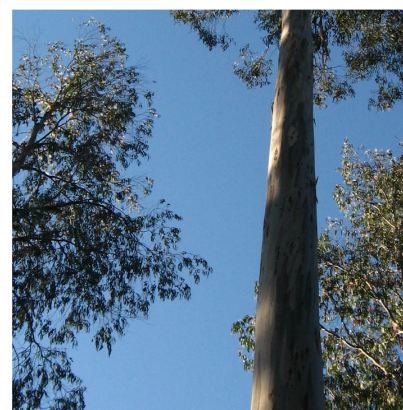


Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais:
contribuições para a espécie *Eucalyptus viminalis*



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 339

**Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais:
contribuições para a espécie *Eucalyptus viminalis***

*Paulo Eduardo Telles dos Santos
Estefano Paludzyszyn Filho
Washington Luiz Esteves Magalhães
Nathalia Pimentel*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Guilherme Schnell e Schühli
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco-Verde
Marcia Toffani Simão Soares
Marilice Cordeiro Garrastazu
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial
José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Fotos capa e texto
Paulo Eduardo Telles dos Santos

1ª edição

Versão digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais : contribuições para
a espécie *Eucalyptus viminalis*. [recurso eletrônico] / Paulo Eduardo
Telles dos Santos ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2020.
64 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-
3958 ; 339)

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. Eucalipto. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Propagação
vegetativa. 4. Manejo florestal. 5. Pesquisa florestal. 6. Embrapa
Florestas. I. Santos, Paulo Eduardo Telles dos. II. Paludzyszyn Filho,
Estefano. III. Magalhães, Washington Luiz Esteves. IV. Pimentel,
Nathalia. V. Série.

CDD (21. ed.) 634.97342

Autores

Paulo Eduardo Telles dos Santos

Engenheiro-agrônomo e Engenheiro Florestal, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Estefano Paludzyszyn Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Washington Luiz Esteves Magalhães

Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Nathalia Pimentel

Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, analista de pesquisa e controle de qualidade florestal da Irani Papel e Embalagem S.A.

Apresentação

A Embrapa Florestas vem desenvolvendo trabalhos com eucaliptos praticamente desde o ano de 1978, sendo os primórdios das suas ações de pesquisa marcados pela presença de espécies subtropicais, dentre elas *Eucalyptus dunnii*, *E. benthamii* e *E. viminalis*, além de outras menos familiares ao ambiente de produção florestal. Em grande parte, isso se deve à localização geográfica da Unidade, mais precisamente no município de Colombo e, portanto, dentro da região metropolitana de Curitiba, a qual, por sua vez, é abrangida pela Zona Bioclimática 1, a mais drástica em termos de rigor da estação de inverno, porém, caracteristicamente com boa distribuição de chuvas ao longo do ano e sem ocorrência de déficit hídrico.

A área de melhoramento genético da Unidade desenvolveu, ao longo do tempo, uma série de atividades técnicas pertinentes ao tema, que culminaram em extensa rede experimental com a espécie-foco da presente publicação, com a consequente geração e divulgação de dados de adaptação climática, produtividade, qualidade de madeira e outros, além da produção de sementes melhoradas. Tudo isso, conjuntamente, contribuiu para a elevação dos padrões das plantações, especialmente durante o período de expansão dos plantios em que houve forte demanda dos empreendedores florestais. Pela natureza das atividades dessa área de pesquisa, foram firmadas, ao longo do tempo, diversas parcerias técnicas, de vital importância para a viabilização dos trabalhos de implantação dos materiais no campo, acompanhamento e avaliações dendrométricas. Dentre as parcerias que foram firmadas, merece destaque a estabelecida com a empresa Celulose Irani S.A. (atualmente Irani Papel e Embalagem S.A.), detentora de destacado interesse na utilização de eucaliptos subtropicais e com forte atuação no estado de Santa Catarina.

Ao final de 2018, melhoristas de eucaliptos e pesquisadores colaboradores publicaram o Documento “Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais: contribuições para a espécie *Eucalyptus badjensis*”. Em face da boa repercussão e dando continuidade à divulgação de estudos recentes com espécies de eucaliptos indicadas para clima frio, houve um empenho dos autores para a elaboração de outra publicação técnica com o mesmo enfoque, porém, voltada para a espécie *Eucalyptus viminalis*. Para tanto, foram reunidas informações disponíveis na literatura técnica e científica, somadas àquelas provenientes de documentos internos que foram sendo elaborados ao longo do tempo pela equipe da Unidade juntamente com seus parceiros. Com a presente publicação, espera-se adicionar novas informações e conhecimentos sobre a espécie, assim como a valorização desse estratégico germoplasma no contexto das aplicações associadas ao uso da madeira de eucaliptos.

Marcílio José Thomazini

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	9
Generalidades sobre a espécie.....	10
Introduções de material genético realizadas no Brasil	15
Estabelecimento de parcerias regionais.....	19
Clima e solos dos locais de experimentação	22
Ameaças potenciais associadas a fatores biológicos e não biológicos	22
Melhoramento genético e propagação	23
Antecedentes	23
Caracteres prioritários.....	27
Seleção, georreferenciamento e fenotipagem de matrizes	27
Estratégia clonal.....	52
Enxertia.....	52
Alporquia	57
Benefícios alcançados.....	60
Desafios e perspectivas	60
Considerações finais	61
Agradecimentos.....	62
Referências	63

Introdução

Nas regiões elevadas do sul do Brasil, as opções em termos de materiais genéticos de eucalipto para a formação de plantações florestais são bastante limitadas. Isso se deve ao rigor climático, que impõe forte direcionamento na escolha de espécies que tolerem quedas bruscas de temperatura, geadas e, eventualmente, até neve. A produção de madeira tem sido destinada prioritariamente como fonte energética, muito embora seja bastante comum a utilização da madeira na forma roliça para atender às mais diversificadas necessidades, principalmente aquelas geradas por atividades rotineiras do próprio ambiente rural.

Com base em levantamentos e observações de campo, associadas a estudos de aptidão climática, quatro espécies de eucalipto receberam atenção inicial por parte da Embrapa, para a condução de pesquisas na região Sul: *Eucalyptus dunnii*, *E. viminalis*, *E. benthamii* e *E. badjensis*. A boa adaptação foi fator determinante para essa definição. Dessa forma, para viabilização dos trabalhos de pesquisa, diversas unidades experimentais dessas espécies, em várias localidades da região, foram implantadas ao longo do tempo, grande parte delas graças ao estabelecimento de parcerias com empresas privadas e instituições. O objetivo primordial da rede de pesquisa foi fornecer indicativos seguros sobre adaptação às condições de solo e clima e potencial produtivo de madeira, de modo a orientar esforços subsequentes na estruturação de programas de melhoramento genético.

Uma das empresas participantes dos trabalhos coordenados pela Embrapa foi a Irani Papel e Embalagem S.A. (antiga Celulose Irani S.A.), a qual foi beneficiada com germoplasmas das espécies *E. dunnii*, *E. viminalis* e *E. badjensis*. Acompanhamentos técnicos permanentes possibilitaram, com o passar do tempo, identificar procedências de maior potencial silvicultural, orientando as melhores estratégias a serem adotadas para a obtenção de sementes melhoradas e, eventualmente, também de clones. Ressalta-se que os avanços e conhecimentos acumulados em termos de práticas silviculturais contribuíram e continuam contribuindo para elevar a produtividade e a qualidade dos plantios comerciais de eucaliptos nas regiões de atuação dessa Empresa.

Fazendo um breve retrospecto, sabe-se que a espécie *E. viminalis* foi muito plantada nas regiões elevadas do sul do Brasil, nos primórdios da expansão do cultivo de eucalipto nessas condições, especialmente pela alta tolerância ao frio. Uma das características marcantes dos materiais plantados inicialmente foi a grande variabilidade entre árvores quanto ao desenvolvimento, ocorrência de grã espiralada, marcante presença de casca e crescimento inicial com tendência para a formação de árvores inclinadas. Ficaram bem conhecidas as mudas formadas a partir de sementes produzidas em Canela, RS. Segundo Leão (2000), logo após a fundação do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef), em 1968, o povoamento existente naquela localidade foi a opção escolhida para colheita e produção de sementes, para atender as necessidades da época.

A aplicação dos conhecimentos da área de melhoramento genético por profissionais habilitados foi determinante para elevar o potencial produtivo e o padrão silvicultural da espécie *E. viminalis*, consolidando a sua importância como fonte de madeira para atender as diversificadas necessidades das indústrias e dos proprietários rurais estabelecidos na região Sul do Brasil.

Foi assim que, no ano de 1993, o pesquisador José Alfredo Sturion, da Embrapa Florestas, defendeu trabalho de tese de doutorado com ênfase ao melhoramento genético da espécie, sob a abordagem de caracteres de crescimento e densidade básica da madeira, na qual utilizou as novas fontes de germoplasma introduzidas no Brasil, em meados da década de 1980 pela Embrapa.

O presente documento foi elaborado com o propósito de divulgar as principais contribuições efetuadas pela Embrapa, na área de melhoramento genético e propagação da referida espécie, com ênfase às pesquisas conduzidas em parceria com a empresa Irani Papel e Embalagem S.A.. O conteúdo foi construído com base no ordenamento de informações presentes em publicações técnicas, relatórios de atividades, resultados gerados por processamento de medições geradas por inventários de campo, análises de amostras em laboratórios e demais fontes. Imagens obtidas durante a condução das atividades técnicas foram reunidas na presente publicação, para ilustrar as diversas etapas dos trabalhos desenvolvidos.

Generalidades sobre a espécie

A Austrália possui uma dimensão territorial de 7,69 milhões de km², o que a posiciona como o sexto maior país do mundo. A Federação é formada por sete estados - Austrália Ocidental (Western Australia), Território do Norte (Northern Territory), Austrália Meridional (South Australia), Queenslândia (Queensland), Nova Gales do Sul (New South Wales), Vitória (Victoria) e Tasmânia (Tasmania) - e ainda por alguns territórios compondo uma área que representa a maior parte da Oceania. A sua superfície perpassa por diversas latitudes (10°41' a 43°38' Sul), longitudes (113°09' a 153°38' Leste), conforme pode ser visualizada na Figura 1. Em termos de relevo, há forte predomínio de planícies de baixa elevação, com extremo inferior de -15 m (Lago Eyre) e superior de 2.228 m (Monte Kosciuszko) (Year Book Australia, 2012).



Figura 1. Mapa político da Austrália com as respectivas denominações dos Estados, assim como o seu georreferenciamento em termos de coordenadas geográficas.

Fonte: Guia... (2018).

Por sua vez, em sua evolução, o gênero *Eucalyptus* (incluindo nesse contexto também o gênero *Corymbia*) disseminou-se amplamente ao longo de uma larga faixa contornando o continente australiano, resultando numa ampla distribuição geográfica (Figura 2). A Austrália detém a maior biodiversidade desse gênero no mundo, o que acaba por refletir numa forte adaptação em sua evolução a um considerável sortimento de tipos climáticos e suas variantes.

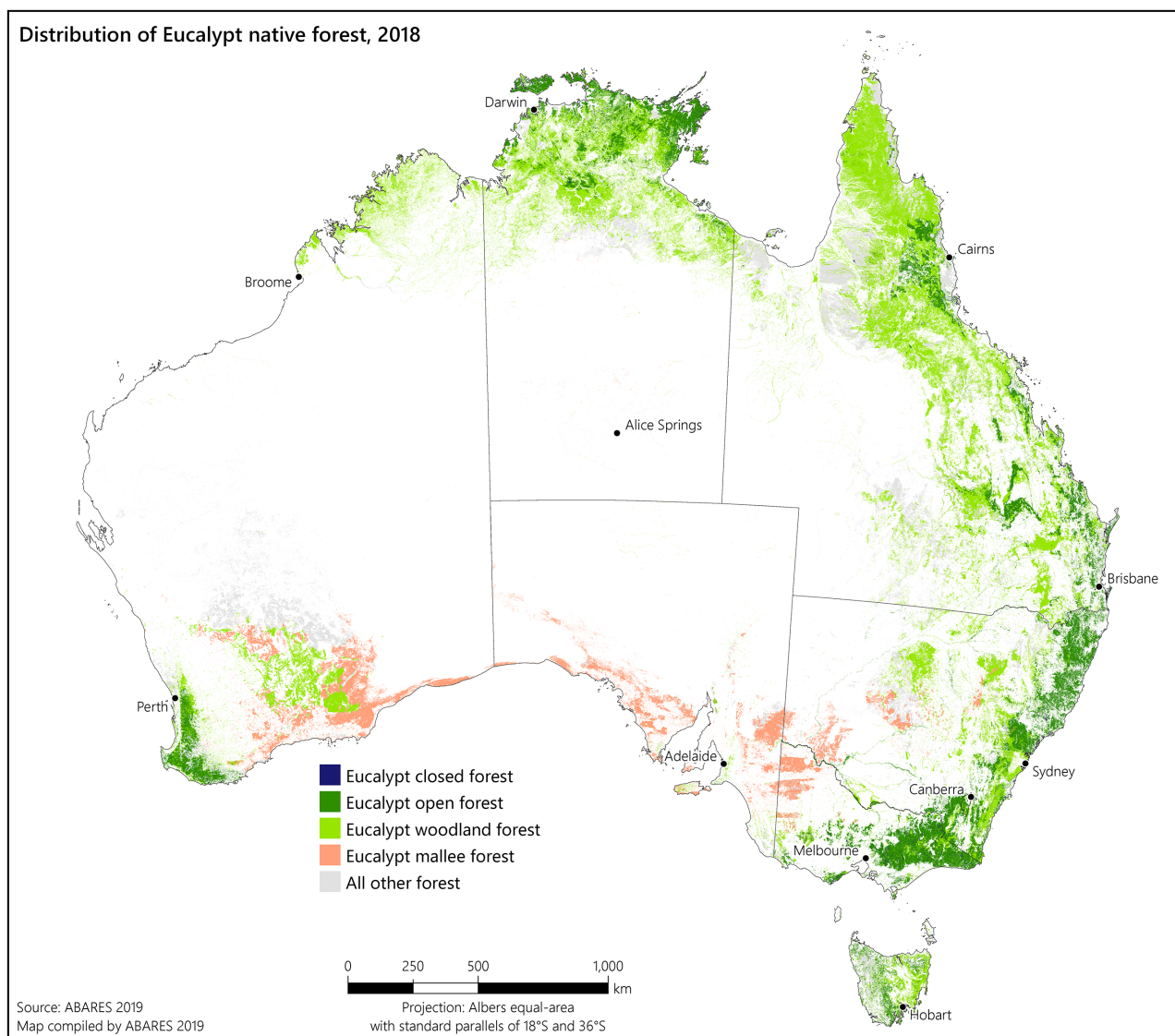


Figura 2. Mapa da Austrália contendo a distribuição das cinco fitofisionomias florestais definidas por especialistas para o gênero *Eucalyptus*: floresta fechada; floresta aberta; floresta de eucaliptos; floresta de mallees; outros tipos florestais.

Fonte: Australian Government (2020).

Na literatura científica australiana, *E. viminalis* é conhecida popularmente como *Manna Gum*, *White Gum* ou ainda *Ribbon Gum*, sendo uma espécie que vegeta desde planícies costeiras até montanhas, passando por planaltos, porém seu desenvolvimento é mais proeminente em vales acidentados situados no interior montanhoso do País (Boland et al., 2006).

Segundo Boland et al. (2006), a espécie apresenta um aspecto bastante variável, comumente possuindo elevado porte, alcançando alturas de 30 m a 50 m e com até 1,5 m de diâmetro à altura do peito. Na Tasmânia, sob condições favoráveis, as árvores podem, ocasionalmente, atingir uma altura de 90 m e um diâmetro à altura do peito de 3 m. Em regiões secas as árvores ficam com porte

menor e são ombrófilas, alcançando entre 10 m e 20 m de altura. O dossel frequentemente apresenta fitas bem visíveis decorrente do descortçamento parcial da casca. Existem três subespécies, a típica (*viminalis*), a *pryoriana* e a *cygnetensis*. Em sua distribuição natural, a faixa de gradiente altitudinal varia desde o nível do mar até 1.300 m; o intervalo de temperatura dos meses mais quentes e mais frios fica entre 18 °C e 30 °C e -3 °C e -7 °C, respectivamente; a incidência de geadas é de baixa a alta, chegando até 100 eventos por ano nas regiões de elevada altitude; a precipitação pluviométrica média anual varia de 400 mm a 1.700 mm. Quanto à madeira, o alburno é de coloração clara, prontamente distinguível do cerne, o qual apresenta cor rosada ou amarela pálida, possuindo grã reta e aberta e densidade entre 530 kg m⁻³ a 870 kg m⁻³, sendo empregada para montagem de estruturas de construção civil, manufatura de pisos e painéis, marcenaria de modo geral e ainda produção de polpa para fabricação de embalagens cartonadas.

Em relação aos tipos de solos encontrados nas zonas de distribuição natural, tem-se:

- a) A subespécie *viminalis* prefere solos aluviais úmidos, porém bem drenados ou solos areno-argilosos com subsolo argiloso, atingindo seu melhor desenvolvimento em formações do tipo floresta aberta alta.
- b) A subespécie *pryoriana* ocorre exclusivamente nas regiões costeiras arenosas.
- c) A subespécie *cygnetensis* pode ocorrer em solos arenosos ao longo dos ribeirões, mas também em solos mais pesados do Monte Lofty Range e em solos calcários nas partes baixas da Península de Eyre.

As representações das zonas de ocorrência natural das subespécies de *E. viminalis* encontram-se nas Figuras 3, 4 e 5.

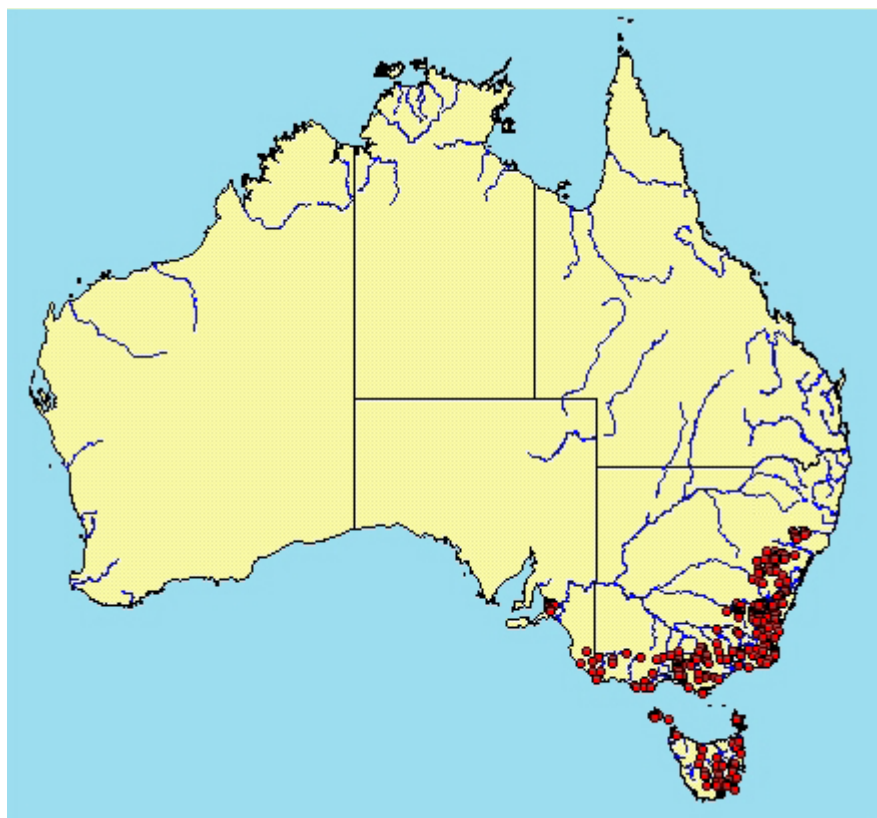


Figura 3. Mapa da Austrália contendo, em destaque na cor vermelha, as áreas de ocorrência natural de *E. viminalis* subsp. *viminalis*.

Fonte: Eucalypts... (2015d).

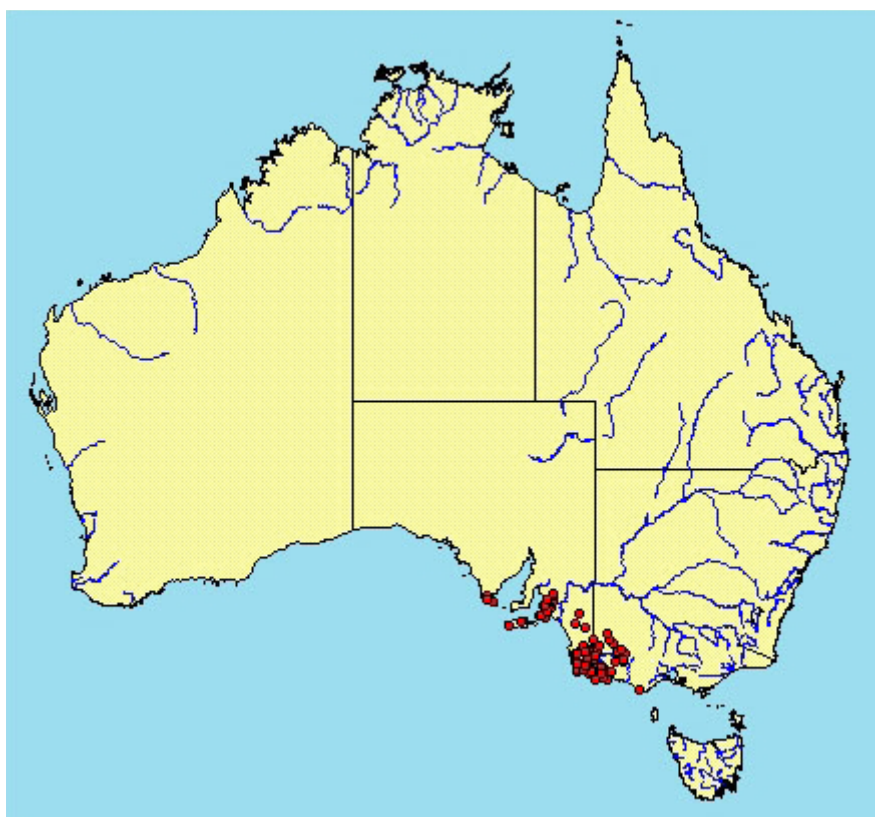
Figura 4. Mapa da Austrália contendo, em destaque na cor vermelha, as áreas de ocorrência natural de *E. viminalis* subsp. *pryoriana*.

Fonte: Eucalypts... (2015c).



Figura 5. Mapa da Austrália contendo, em destaque na cor vermelha, as áreas de ocorrência natural de *E. viminalis* subsp. *cygnetensis*.

Fonte: Eucalypts... (2015a).



O sítio da internet EUCLID – Eucalypts of Australia (2020) reporta ainda a existência de uma quarta subespécie de *E. viminalis*, denominada *hentyensis* (*Western Tasmania Sand Gum*), de ocorrência endêmica na Tasmânia, mais precisamente em sua costa ocidental no meio do percurso entre as localidades de Strahan e Zeehan e proximamente ao Rio Henty, aonde vegeta em sítios de baixa fertilidade formados por areia branca. As árvores alcançam uma altura de até 6 m somente.

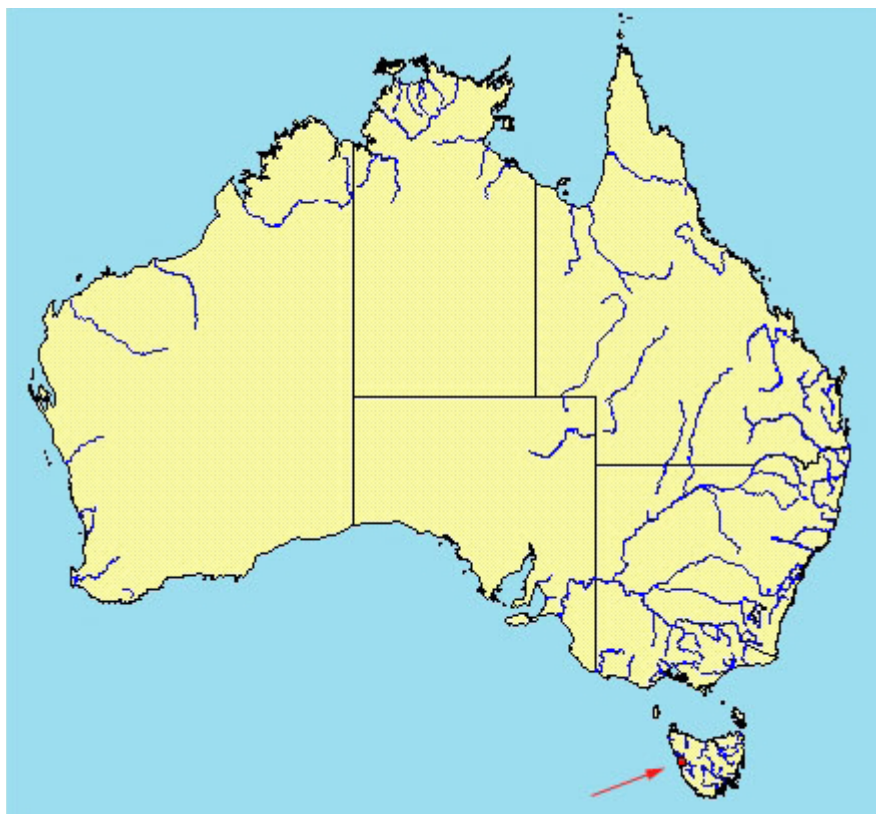


Figura 6. Mapa da Austrália contendo, em destaque na cor vermelha, as áreas de ocorrência natural de *E. viminalis* subsp. *hentyensis*.

Fonte: Eucalypts... (2015b).

Dentre as espécies com aptidão para plantio na região Sul do Brasil (latitudes situadas entre os paralelos 24° e 30° Sul e altitudes acima de 750 m), destacam-se *Eucalyptus benthamii* e *E. dunnii*, as quais situam-se também num estágio mais avançado de melhoramento, havendo, inclusive, disponibilidade de mudas clonais no mercado com base em trabalhos de seleção e propagação desenvolvidos por empresas privadas. Já *E. viminalis*, a despeito da comprovada tolerância ao frio, encontra-se num patamar inferior em termos de melhoramento genético, mesmo apresentando produtividade de madeira compatível com *E. dunnii*. A diferença está no padrão silvicultural, principalmente no que tange à forma do fuste e uniformidade dos povoamentos, neste caso muito mais favorável a *E. dunnii*.

A exemplificação dessa situação pode ser visualizada na Tabela 1, em que são comparados desempenhos de diversas espécies de eucalipto estudadas na região Sul, plantadas em escala experimental ou comercial, porém, em condições climáticas similares. Percebe-se que *E. viminalis* situa-se em penúltimo lugar, em termos de taxa de crescimento para Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e Volume Real de Madeira por Árvore (VOL). Os resultados referem-se a médias de indivíduos de melhor desempenho em idades mais avançadas, além daquelas normalmente constatadas em regimes de rotações curtas para fins de produção de polpa celulósica ou uso energético, que normalmente despendem entre seis e oito anos de crescimento para atingirem a idade de corte.

Tabela 1. Incrementos Médios Anuais (IMA) para Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT) e Volume Real de Madeira por Árvore (VOL) obtidos a partir de diferentes germoplasmas plantados em localidades geograficamente próximas situadas nos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e submetidos a condições climáticas assemelhadas entre si.

Germoplasmas	Nº de árvores avaliadas	Idade (anos)	Localidades	DAP (cm)	IMA ALT (m)	VOL (m³)
<i>E. badjensis</i>	39	17	Campina da Alegria (SC)	3,30	2,16	0,27
<i>E. grandis</i>	35	17 a 20	Erval Grande (RS) e Concórdia (SC)	3,09	2,54	0,21
<i>E. viminalis</i>	20	17	Vargem Bonita, Irani e Campina da Alegria (SC)	2,80	1,50	0,14
<i>E. dunnii</i>	32	16 e 17	Irani (SC)	2,74	2,44	0,12

Fonte: Santos et al. (2015).

A silvicultura de eucaliptos na região Sul do Brasil representa 12,65% do total de área plantada existente no País, estimada em 5,672 milhões de hectares no ano de 2018 (Ibá, 2019). Os levantamentos realizados nesse ano indicam 308.657 hectares plantados no estado do Rio Grande do Sul, 113.073 hectares em Santa Catarina e 295.970 hectares no Paraná.

A madeira de eucalipto produzida no Rio Grande do Sul tem sido utilizada, predominantemente, pela indústria de celulose, seguida pelo segmento energético, representado principalmente por lenha e cavaco. A fabricação de painéis reconstituídos vem a seguir, se sobrepondo à obtenção de toras para processamento mecânico com a finalidade de produzir móveis, embalagens e paletes e também de peças destinadas às usinas de preservação de madeira para produção de mourões, palanques, esteios e postes tratados quimicamente. Nos estados de Santa Catarina e Paraná verifica-se que, de forma agrupada, predominam plantações voltadas para a obtenção de madeira destinada à fabricação de celulose, seguida de painéis reconstituídos, processamento mecânico e toras, fins energéticos e para uso geral na forma roliça para atender necessidades rurais e urbanas.

Introduções de material genético realizadas no Brasil

O primeiro registro documentado de introdução de *E. viminalis* no Brasil é bastante antigo e remete à época da introdução de espécies de eucaliptos efetuada por Edmundo Navarro de Andrade, na primeira década do século passado, ocasião em que foram plantadas dezenas de espécies nos diversos Hortos Florestais da extinta Companhia Paulista de Estradas de Ferro, para avaliar a adaptação e o potencial produtivo dos diferentes materiais (Andrade, 1961; Schumacher; Viera, 2015).

Shimizu (1986) relata que *E. viminalis* foi incluída num teste de procedências de várias espécies de *Eucalyptus* instalado em 1976 pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, sendo as sementes fornecidas pelo antigo Forestry and Timber Bureau, da Austrália. As características ecológicas de São Francisco de Paula, RS são as seguintes: latitude 29°20'S; longitude 50°30'O; altitude 922 m; precipitação pluviométrica média anual 1.734 mm; médias das temperaturas máximas (janeiro) 25,4 °C; médias das temperaturas mínimas (julho) 5,9 °C. A topografia é acidentada com muitos afloramentos rochosos. Os plantios foram efetuados sem aplicação de fertilizantes.

As procedências de *E. viminalis* contempladas constam na Tabela 2. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas contendo 25 plantas, espaçadas entre si por 2,5 m x 2,5 m. A avaliação foi conduzida aos sete anos de idade. Das sete espécies envolvidas no experimento, somente *E. viminalis* e *E. globulus* subsp. *bicostata* foram consideradas para fins de análise de variância. Para as demais espécies (*E. pauciflora*, *E. regnans*, *E. nova-anglica*, *E. delegatensis* e *E. deanei*), não foi possível fazer um estudo detalhado, em função do limitado número de procedências e consideráveis perdas de parcelas.

Tabela 2. Localização geográfica das procedências de *E. viminalis* e *E. globulus* subsp. *bicostata* introduzidas no Brasil pelo extinto IBDF, em 1976.

Procedência	Nº do lote	Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)
<i>E. viminalis</i>				
SE Tenterfield, NSW	9.438	29°03'	152°01'	1.160
S Lak Rowallan, TAS	9.993	41°43'	146°15'	720
Fingal, TAS	9.986	41°30'	-	500
E Juverell, NSW	7.470	29°45'	151°20'	830
Maydena, TAS	10.075	42°33'	146°29'	680
N Swansea, TAS	10.073	42°00'	147°45'	770
Eagle Hawk Neck, TAS	10.074	43°09'	147°55'	290
Warung State Forest, NSW	8.842	31°45'	150°51'	900
SSW Orange, NSW	8.839	33°50'	149°03'	1.080
<i>E. globulus</i> subsp. <i>bicostata</i>				
Wee Jasper, NSW	10.115	35°28'	148°10'	1.000
NE Mansfield, VIC	9.541	37°13'	146°20'	930
Stanley, VIC	9.539	36°11'	146°40'	630
-	9.585	-	-	-
SW Benalla, VIC	9.540	36°46'	145°52'	630
Rylstone, NSW	9.574	33°00'	150°00'	1.060

Legenda: NSW - New South Wales; TAS - Tasmania; VIC - Victoria.

Segundo o autor, para o objetivo de produção de madeira, as procedências mais recomendáveis de *E. viminalis*, visando a formação de populações genéticas-base na região de São Francisco de Paula, RS, seriam a SE Tenterfield e Warung State Forest, NSW. Para *E. globulus* subsp. *bicostata*, a procedência que mais se destacou foi SW Benalla. As alturas médias, em ordem decrescente, de cada procedência das duas citadas espécies e respectivas porcentagens de sobrevivência, aos sete anos de idade, encontram-se na Tabela 3.

Sob a mesma abordagem prospectiva, em experimento instalado sob a coordenação da Embrapa, em Campo do Tenente, PR (latitude 25°59' Sul, longitude 49°41' Oeste e 825 m de altitude), Higa et al. (1997a) compararam o crescimento, taxa de sobrevivência e ocorrência de bifurcação para 20 espécies de eucaliptos avaliadas aos nove anos de idade. O delineamento experimental foi também o de blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas contendo 25 plantas, porém, o espaçamento utilizado neste caso foi 3,0 m x 2,0 m. O clima da região, segundo o sistema Holdridge, é submontano (tipo temperado quente) úmido e muito úmido, com temperatura média anual entre 15 °C e 19 °C e mínima absoluta de -5 °C a -10 °C, podendo ocorrer entre 1 a 40 geadas por ano. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.250 a 2.500 mm, com distribuição uniforme e sem déficit hídrico. Os germoplasmas avaliados encontram-se descritos na Tabela 4.

Os resultados das avaliações dos germoplasmas efetuada aos nove anos de idade, para sobrevivência e bifurcação, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 3. Médias de altura e porcentagens de sobrevivência, aos sete anos de idade, de *E. viminalis* e *E. globulus* subsp. *bicostata* em São Francisco de Paula, RS.

Nº do Lote	Altura média (m)	Sobrevivência (%)
<i>E. viminalis</i>		
9.438	14,4 ^a	55
8.842	14,2 ^a	49
7.470	12,7 ^a	46
9.993	12,5 ^a	63
10.074	12,1 ^a	51
9.986	10,9 ^b	45
8.839	9,0 ^b	55
10.075	8,4 ^b	44
10.073	7,7 ^b	53
Média geral	11,3	51,2
<i>E. globulus</i> subsp. <i>bicostata</i>		
9.540	14,2 ^a	50
9.539	13,8 ^a	39
9.574	13,1 ^a	44
9.541	12,8 ^a	41
9.585	12,7 ^a	47
10.115	12,2 ^a	58
Média geral	13,1	46,5

Observações: a, b - médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si, com 95% de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela 4. Informações sobre as espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* utilizadas no experimento instalado em Campo do Tenente, PR, no ano de 1984.

Espécie	Procedência	Latitude (S)	Altitude (m)
<i>E. dunnii</i>	Kangaroo River State Forest, Moileton, NSW	30°05	300
<i>E. viminalis</i>	Forest Lands State Forest, NSW	29°09	1.100
<i>E. macarthurii</i>	14 km NE Marulan, NSW	34°39	600
<i>E. smithii</i>	Mt. Dromedary, NSW	36°17	305
<i>E. dalrympleana</i>	Kaputar National Park, NSW	30°18	1.400
<i>E. cypellocarpa</i>	Jeeralang North, VIC	38°25	520
<i>E. deanei</i>	NE of Tenterfield, NSW	28°50	970
<i>E. saligna</i>	Watagan Mountains, NSW	32°54	300
<i>E. regnans</i>	Toorongo, VIC	37°47	950
<i>E. fraxinoides</i>	Pikes Saddle Area, NSW	35°59	1.250
<i>E. botryoides</i>	Bodalla State Forest, Narooma, NSW	36°10	80
<i>E. camaldulensis</i>	Emu Creek, Petford, QLD	17°20	460
<i>E. grandis</i>	Ravenshoe, QLD	17°42	940
<i>E. andrewsii</i>	Kroombit S Calliope, QLD	24°23	860
<i>C. maculata</i>	-	-	-
<i>E. nitens</i>	Ebor, NSW	30°24	1.440
<i>E. nova-anglica</i>	-	-	-
<i>E. paniculata</i>	Ouro Fino, MG, Brasil	22°17	-
<i>E. robusta</i>	New Foundland, NSW	29°58	13
<i>E. tereticornis</i>	SW of Mt. Garnet, QLD	18°30	800

Legenda: NSW - New South Wales; VIC - Victoria; QLD - Queensland.

Observação: traço (-) representa informação indisponível.

Tabela 5. Desempenho de crescimento, sobrevivência e bifurcação de árvores de 20 espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia*, aos nove anos de idade, em Campo do Tenente, PR.

Espécie	IMA ^a (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Sobrevivência (%)	Bifurcação (%)
<i>E. macarthurii</i>	62	94,95	9,55
<i>E. camaldulensis</i>	15	87,38	27,68
<i>E. deanei</i>	57	85,63	11,59
<i>E. nova-anglica</i>	18	85,23	13,30
<i>E. viminalis</i>	62	78,33	7,05
<i>E. dunnii</i>	62	77,82	26,44
<i>E. dalrympleana</i>	8	70,00	9,55
<i>E. tereticornis</i>	9	61,39	2,50
<i>E. nitens</i>	12	56,73	10,19
<i>E. andrewsii</i>	32	28,29	9,09
<i>E. robusta</i>	15	27,78	5,00
<i>E. saligna</i>	41	26,11	5,00
<i>E. smithii</i>	39	24,42	7,05
<i>E. paniculata</i>	-	22,99	4,55
<i>E. botryoides</i>	12	19,45	-
<i>E. grandis</i>	27	16,67	-
<i>E. cypellocarpa</i>	-	2,78	-
<i>E. regnans</i>	-	0,00	0,00
<i>E. fraxinoides</i>	-	0,00	0,00
<i>C. maculata</i>	-	0,00	0,00

Fonte: Higa et al. (1997a).

Observações: ^a IMA - Incremento Médio Anual de Madeira (valor arredondado); traço (-) indica informação indisponível.

Segundo Higa et al. (1997a), os resultados deste estudo reforçaram a recomendação de *E. viminalis* e *E. dunnii* para plantios comerciais com finalidades de produção de madeira na região e o potencial das espécies *E. macarthurii* e *E. deanei* para futuras introduções de um maior número de procedências, especialmente de regiões da Austrália que são similares ao sul do Brasil. Os resultados também mostraram a importância de se avaliar o experimento até a sua rotação final e não apenas o crescimento inicial. O nível de danos após a ocorrência de geadas também deve ser considerado. No quesito crescimento, *E. dunnii*, *E. macarthurii*, *E. viminalis* e *E. deanei* constituem o grupo de espécies que apresentaram maior crescimento, com volumes superiores a 500 m³ estéreos ha⁻¹, com casca, aos nove anos de idade. Apesar da excelente taxa de sobrevivência, o IMA em volume de madeira de *E. camaldulensis* foi praticamente nulo a partir do quinto ano de idade.

Por muitos anos, o interesse no cultivo *E. viminalis* prevaleceu sobre outras espécies subtropicais, em face da sua significativa tolerância ao frio. A Embrapa enriqueceu a base genética existente dessa espécie no País, por meio da introdução de novas procedências geográficas, na década de 1980, as quais foram avaliadas em condições representativas na região Sul. Foram introduzidas oito procedências, representadas por 181 progênies. As denominações, número de matrizes colhidas e respectivas coordenadas geográficas encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Localização geográfica das procedências de *E. viminalis* introduzidas no Brasil pela Embrapa.

Procedência	Nº de matrizes	Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)
Warung State Forest, Coolah, NSW	25	31°45'	149°58'	1.080
Stewarts Brook State Forest, Barrington Tops Gloucester, NSW	25	31°58'	151°23'	1.300
Mountain Mudgee, NSW	26	32°43'	152°13'	820 - 1.100
Canobolas State Forest, Orange, NSW	25	33°24'	149°01'	850 - 1.170
Cotter Flats, ACT	5	35°38'	148°50'	1.100
Bombala, NSW (43 km S)	25	37°13'	149°18'	420
Bendoc, VIC (16 km SW)	25	37°15'	148°45'	720
Bendoc, VIC (14 km SE)	25	37°15'	148°58'	850

Legenda: NSW - New South Wales; ACT - Australian Capital Territory; VIC - Victoria.

Em termos de iniciativas conduzidas por empresas privadas, destaca-se o trabalho conduzido pela Rigesa (atualmente WestRock Brasil), que introduziu um total de 30 espécies de eucalipto, envolvendo cerca de 90 procedências, sendo que os germoplasmas foram plantados nos anos de 1980, 1981 e 1982, em dois locais do município de Três Barras, SC, situados a uma altitude média de 775 m. As espécies introduzidas foram: *E. badjensis*, *E. blakelyi*, *E. brookerana*, *E. camphora*, *E. cinerea*, *E. dalrympleana*, *E. deanei*, *E. delegatensis*, *E. dendromorpha*, *E. diversicolor*, *E. dunnii*, *E. elata*, *E. fastigata*, *E. fraxinoides*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. gunnii*, *E. laevopinea*, *E. macarthurii*, *E. nitens*, *E. nova-anglica*, *E. obliqua*, *E. parvifolia*, *E. rodwayi*, *E. rubida*, *E. saligna*, *E. stellulata*, *E. triflora*, *E. urnigera* e *E. viminalis*. Aos três anos de idade, as espécies *E. dunnii* e *E. viminalis* foram as que apresentaram melhor crescimento em ambos os locais (Oliveira, 1988).

Segundo o autor, em função dos resultados preliminares de desempenho, sementes de *E. dunnii* e *E. viminalis* foram coletadas na Austrália e, em 1984, 1985 e 1986, foram estabelecidos novos experimentos, delineados sob a forma de testes combinados de procedências e progênies, contendo parcelas de uma única planta e sob espaçamento de 3,0 m x 3,0 m. Concluiu-se que *E. dunnii* adaptou-se muito bem às condições climáticas e de solo da região, exibindo alto incremento médio anual em volume de madeira e também fustes retos, porém, como foi constatada baixa produção de sementes nessa espécie, métodos de propagação vegetativa passaram a ser estudados para possibilitar a obtenção de mudas. Citou ainda que, ao contrário de *E. dunnii*, a produção de sementes de *E. viminalis* foi suficiente para suprir as necessidades regulares da Empresa.

Estabelecimento de parcerias regionais

Na trajetória de pesquisa da Embrapa Florestas sempre estiveram presentes trabalhos envolvendo espécies do gênero *Eucalyptus*, contemplando temas multidisciplinares como melhoramento genético, silvicultura, fitossanidade e tecnologia da madeira. Na área de melhoramento, especificamente, foi marcante a instalação de um grande número de experimentos de campo, os quais foram sendo avaliados e manejados com o transcorrer dos anos. O estabelecimento de contratos de parceria foi o principal instrumento para viabilização das ações pretendidas. Para determinados germoplasmas, diversos módulos promissores configuraram-se num repositório significativo de variabilidade para a condução de programas de melhoramento e também como importante fonte de sementes para uso comercial.

Em meados da década de 1980, por exemplo, em função da implementação do “Projeto *Eucalyptus*” em âmbito nacional e sob a coordenação técnica da Embrapa Florestas, firmaram-se parcerias com empresas privadas, universidades, instituições de pesquisa florestal (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - Ipef e Instituto Florestal do Estado de São Paulo - IF) e, em alguns casos, com empresários do agronegócio. Na região Sul do Brasil, especificamente, houve especial interesse em se avaliar germoplasmas de *E. viminalis*, a qual havia sido relacionada para compor a lista de espécies consideradas estratégicas na expedição de coleta de material genético de eucaliptos em 1983-84 empreendida à Austrália pela Embrapa, mediante a cooperação firmada com a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).

A empresa Irani Papel e Embalagem S.A., com atuação nos municípios catarinenses de Vargem Bonita (incluindo-se aqui o distrito de Campina da Alegria), Irani, Ponte Serrada e Catanduvas, foi uma das empresas que participaram do referido Projeto. Dessa forma, portanto, graças ao mútuo interesse viabilizado na forma de cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Irani Papel e Embalagem S.A., procedeu-se em 1986 o repasse, pela Embrapa, de uma ampla coleção de materiais genéticos de *E. viminalis* para serem avaliados em condições representativas de plantio pela Empresa, na região.

Após o plantio dos novos materiais, seguiu-se um período de acompanhamento sistemático do crescimento e sobrevivência que gerou uma enorme quantidade de medições provenientes dos inventários de campo, organizadas na forma de banco de dados. Contudo, decorridos aproximadamente dez anos desde o início das avaliações, não foi delineada uma estratégia direcionada de aproveitamento das procedências promissoras, o que ocasionou uma descontinuidade nas ações de melhoramento genético. Adicionalmente, ao final desse mesmo período, mudanças gradativas na composição original da equipe da Embrapa devotada ao “Projeto *Eucalyptus*” tornaram-se mais acentuadas, o que repercutiu desfavoravelmente na forma de um distanciamento não intencional com a Irani Papel e Embalagem S.A..

Mesmo assim, decorridas algumas décadas desde o início das pesquisas em parceria, constatou-se boa adaptação e potencial produtivo de madeira para as procedências Bombala, SE Bendoc e SW Bendoc de *E. viminalis*, merecendo ser aproveitadas dentro de um programa de melhoramento genético adequadamente estruturado para obtenção de resultados práticos. Conforme esperado, a espécie demonstrou suportar muito bem as baixas temperaturas durante o inverno, associadas a geadas de forte intensidade, situações estas bastante comuns nas altitudes superiores a 1.000 metros dos altiplanos catarinenses. Além do aspecto adaptativo frente ao rigor climático, ficou evidente a alta capacidade de produção de madeira, boa forma do tronco e adequadas características silviculturais. Com base em avaliações visuais dos referidos germoplasmas, vislumbrou-se, inicialmente, aptidão para fins energéticos e para obtenção de peças roliças de madeira.

O interesse recíproco na realização de estudos mais pormenorizados culminou com o estabelecimento de um novo acordo entre a Embrapa e a Irani Papel e Embalagem S.A., para respaldar a retomada das pesquisas, sob a forma de um contrato de cooperação técnica e financeira, atendendo às exigências jurídicas das partes e organizando, mediante um plano operativo, as atividades técnicas a serem desenvolvidas durante o tempo de vigência (2013 a 2022).

O componente técnico da parceria foi estruturado sob a forma de um Projeto, recebendo o título de “Melhoramento de Eucaliptos para as Condições Pedoclimáticas do Planalto Catarinense”¹.

¹ O Projeto encontra-se registrado no Sistema Embrapa de Gestão (SEG) pelo código 33.17.00.048.00.00 (Projeto Tipo III - modalidade Cofinanciado).

Em linhas gerais, o Projeto foi elaborado com base na premissa de gerar benefícios no curto, médio e longo prazos, partindo-se do pressuposto de combinar, de forma sinérgica, competências, facilidades e recursos. Os citados benefícios poderiam ser traduzidos como melhoria na produção de matéria-prima (qualidade e quantidade), como também aqueles decorrentes da disponibilização ao mercado de insumos tecnológicos (sementes melhoradas e clones). Dessa forma, produtores rurais e outros interessados teriam acesso a novas alternativas para a formação de povoamentos florestais comerciais, beneficiando a cadeia produtiva de madeira da região Sul como um todo.

Para a consecução das pretensões contidas no Projeto, propôs-se empregar técnicas e metodologias de comprovada eficácia em diversas linhas de pesquisa, tais como melhoramento, propagação e tecnologia da madeira. A infraestrutura, capacitação humana e demais facilidades a serem disponibilizadas pelas partes tenderiam a gerar um efeito multiplicativo na execução das atividades de campo e laboratório, abreviando o tempo requerido e promovendo o uso racional dos recursos financeiros previstos.

Como produtos advindos do presente Projeto estavam previstos disponibilização de materiais genéticos melhorados na forma de sementes e clones, avanços metodológicos e aumento do conhecimento geral de espécies de eucaliptos de clima subtropical. Os resultados gerados seriam divulgados por meio de publicações técnico-científicas e demais instrumentos de comunicação.

O objetivo geral do Projeto foi enunciado da seguinte forma: “reunir esforços de recursos físicos, humanos e materiais para promover pesquisas de melhoramento genético de eucaliptos de clima subtropical visando obter produtos tecnológicos na forma de cultivares que atendam múltiplos usos da madeira”.

Quanto aos objetivos específicos, foram destacados:

- Efetuar o melhoramento genético de *E. badjensis* e *E. viminalis*.
- Investigar propriedades da madeira para usos múltiplos de *E. badjensis* e *E. viminalis*.
- Desenvolver protocolos de clonagem para *E. badjensis* e *E. viminalis*.
- Formar unidades produtoras de sementes para *E. badjensis* e *E. viminalis*.
- Selecionar genótipos de *E. badjensis* e *E. viminalis* com aptidão a se tornarem clones comerciais.
- Efetuar a conservação genética de germoplasmas estratégicos.

Decorridos vários anos desde a iniciativa de se introduzir material genético, pode-se dizer que foram obtidos avanços significativos em termos de conhecimento geral sobre a silvicultura da espécie, melhoria da qualidade genética de suas sementes para estabelecimento de plantações comerciais e também do potencial de uso de sua madeira. Quatro áreas experimentais manejadas para a produção de sementes constituem o principal ativo tecnológico disponibilizado, como resultado da parceria entre a Embrapa e a Irani Papel e Embalagem S.A..

A clonagem da espécie mostrou-se, até o momento, constituir-se numa grande dificuldade, sem êxito quanto à obtenção de clones experimentais derivados das matrizes escolhidas sob alta intensidade de seleção. Essa particularidade de pequena resposta aos processos convencionais de clonagem não é incomum nas espécies subtropicais de eucaliptos cultivadas no Brasil, sendo que fatores genéticos devem atuar fortemente nos mecanismos fisiológicos que se relacionam com a reprodução assexuada, induzindo o que se denomina no jargão florestal como “recalcitrância”. Muito embora as técnicas usuais tenham sido aplicadas de forma esmerada por pessoal capacitado

e experiente, os resultados ficaram muito aquém do esperado, não sendo possível determinar claramente os motivos desse insucesso.

Clima e solos dos locais de experimentação

O clima dos municípios de Irani, Catanduvas, Vargem Bonita (Campina da Alegria) e Ponte Serrada, todos situados no estado de Santa Catarina, segundo a classificação de Köppen, é do tipo temperado quente (Cfb), com grande número de horas de frio acumuladas durante o inverno. Essas localidades catarinenses estão incluídas na Região Bioclimática 1, segundo a Embrapa (1988). Os autores indicaram o plantio comercial de *E. viminalis* para toda essa Região Bioclimática. Quanto à precipitação pluviométrica, o total anual é 2.030 mm (Estação Climatológica de Irani, SC), bem distribuída ao longo das estações e tornando os períodos secos ocasionais, havendo sempre diferença positiva entre a média mensal de chuva e a evapotranspiração potencial (Wrege et al., 2011). O risco de geadas é alto, em decorrência da posição meridional e da altitude local (Santa Catarina, 1958). Ressalta-se que, desde que os experimentos sob a coordenação da Embrapa foram estabelecidos no estado, os anos de 1994, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2013 foram particularmente severos quanto ao frio, sendo registradas temperaturas mínimas absolutas de até -12 °C durante o inverno. O relevo da região é tipicamente suave ondulado a ondulado.

Em levantamentos efetuados em áreas da empresa pela Embrapa Florestas (Bognola et al., 2014), os solos das glebas de experimentação foram classificados nas seguintes categorias:

- a) CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico léptico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa.
- b) CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico típico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa.
- c) NITOSSOLO BRUNO Distroférrico cambissólico, horizonte A húmico, textura muito argilosa.

Ameaças potenciais associadas a fatores biológicos e não biológicos

De forma geral, não têm sido constatados em *E. viminalis* prejuízos econômicos decorrentes de ataque de pragas (psilídeo-de-concha, psilídeo-de-ponteiro, coleobrocas, lagartas desfolhadoras e vespa-da-galha), doenças foliares (ferrugem e *Ceratocystis*) ou de tronco (cancros causados por *Cryphonectria* e *Coniothyrium*) nas condições climáticas e geográficas consideradas.

Vale mencionar que Queiroz et al. (2018) reportaram a presença do psilídeo-de-ponteiro do eucalipto denominado *Blastopsylla occidentalis*, sendo a primeira observação da sua ocorrência no Brasil em *E. viminalis*, o que tornou essa espécie também hospedeira dessa praga florestal no País.

Na região de Guarapuava, PR, Carmo et al. (2013) constataram a ocorrência de lesões diminutas em troncos e ramos lenhosos em *E. viminalis*, tipicamente associadas aos sintomas de cancro, mostrando-se profundas e recobertas por periderme necrofílica. Ainda na região dessas lesões, observou-se a intensa exsudação de goma, demonstrando que a agressão atingiu o câmbio vascu-

lar. Observações em cortes histológicos, feitos à mão livre, de fragmentos dos tecidos sintomáticos demonstraram a presença de estruturas fúngicas identificadas como *Coniothyrium* sp.. Isolamento indireto realizado dos tecidos sintomáticos também apresentaram estruturas conidiogênicas do mesmo fungo. Inoculações realizadas em mudas com cerca de 120 dias após semeadura não reproduziram os sintomas. A semelhança dos sintomas apresentados com os descritos na literatura e a recorrente ocorrência do fungo junto aos tecidos lesionados permitiu atribuir a associação de *Coniothyrium* sp. à etiologia da doença. Trata-se também do primeiro relato do minicancro nessa espécie ocorrendo no Brasil.

Ainda sobre estresses, Silva et al. (1993) relataram seca de folhas em *E. viminalis* associada à deficiência de nutrientes ao avaliarem um teste de procedências instalado em Campo do Tenente, PR. Os danos à copa reduziram drasticamente o crescimento, chegando a ocasionar a morte das árvores, quando os danos nas folhas, ramos e brotos terminais foram severos. A análise nutricional periódica das folhas das árvores, desde a fase anterior ao aparecimento dos sintomas até o período mais agudo, indicou um desequilíbrio nutricional relacionado, principalmente, aos nutrientes ferro e manganês. As procedências e progênies consideradas mais tolerantes não manifestaram sintomas de seca, mesmo quando a anomalia atingiu a fase mais aguda. A Tabela 7 ilustra a ocorrência de seca para cada procedência do experimento, assim como dados de crescimento, aos quatro anos de idade.

Tabela 7. Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total e percentagem de árvores de *E. viminalis* que apresentaram seca de folhas, aos quatro anos de idade, em Campo do Tenente, PR.

Procedência	DAP (cm)	Altura total (m)	Seca de folhas (%)
Bombala, NSW	12,55	16,51	2,92
SW Bendoc, VIC	12,83	15,80	3,68
SE Bendoc, VIC	10,89	14,33	4,22
Gloucester, NSW	10,29	12,28	2,36
Orange, NSW	8,94	11,26	33,71
Mudge, NSW	10,54	13,50	7,01
Coolah, NSW	7,79	9,89	10,04

Legenda: NSW - New South Wales; VIC - Victoria.

Fonte: Silva et al. (1993).

Melhoramento genético e propagação

Antecedentes

Bancos de Conservação Genética (BCs) e Testes Combinados de Procedências e Progênies (TCs) de *E. viminalis*, denominados genericamente como experimentos de “Conservação da Variabilidade Genética e Produção de Sementes Melhoradas de Procedências Seleccionadas” nos registros cadastrais da Embrapa, foram instalados sob regime de parceria de pesquisa em várias empresas com forte atuação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

A relação das empresas (tendo sido mantidos os nomes originais da época de implantação), tipo de experimento, localização, ano de plantio e respectivos somatórios das áreas utilizadas na experimentação encontram-se na Tabela 8. Nos Bancos de Conservação adotou-se como pa-

drão o delineamento de blocos casualizados com grande número de repetições (entre 30 e 40) e parcelas de uma única planta, sendo normalmente utilizados os espaçamentos de 4,0 m x 4,0 m ou 4,0 m x 3,0 m. Por sua vez, nos Testes Combinados de Procedências e Progenies adotou-se como padrão o delineamento de blocos casualizados de famílias compactas com dez repetições e parcelas lineares de seis plantas, sendo normalmente utilizado o espaçamento de 3,0 m x 2,0 m (Higa et al., 1997b).

Tabela 8. Relação de ensaios da rede experimental de *E. viminalis* estabelecida no sul do Brasil pela Embrapa e seus parceiros, nos anos de 1986 e 1987.

Empresa	Tipo de experimento	Localização	Ano de plantio	Área (ha)
Celulose Irani S.A.	TC e BC	Vargem Bonita, SC	1986	14,50
Agroflora	BC	Campo do Tenente, PR	1986	6,40
Empasc	BC	Chapecó, SC	1987	5,08
Klabin	BC	Telêmaco Borba, PR	1986	6,22
Igaras	BC	Otacílio Costa, SC	1986	6,30
Papel e Celulose Catarinense	BC	Santa Cecília, SC	1986	6,12
Riocell	BC	Guaíba, RS	1986	6,30
Ripasa	BC	Itararé, SP	1987	5,25

Fonte: Higa et al. (1997b).

No experimento instalado pela Empasc (atual Epagri) em Chapecó, SC, Floss et al. (1997) reportaram que, das oito procedências disponibilizadas pela Embrapa, as que mais se destacaram em incremento volumétrico foram Bombala, NSW (lote de sementes nº 14.199) e Bendoc, VIC (lotes de sementes nº 14.200 e 14.201), apresentando volumes de madeira com casca superiores a 318,68 m³ ha⁻¹, aos cinco anos de idade, sob espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. A procedência com pior desempenho em crescimento volumétrico foi Warung S.F. Coolah, NSW (lote de sementes nº 14.525), que apresentou um volume de madeira com casca de apenas 108,24 m³ ha⁻¹, também aos cinco anos de idade. Considerando-se somente os critérios relacionados com danos causados pelas geadas (danos com e sem mortes), os quais foram avaliados aos dez meses de idade, as procedências Bendoc, VIC (nº 14.201), Barrington Tops, NSW (nº 14.511) e Orange, NSW (nº 14.512) situaram-se entre as mais resistentes (menos de 25% do total de plantas danificadas). Já as procedências Bombala, NSW (nº 14.199) e Coolah, NSW (nº 14.525) foram as mais danificadas (acima de 50% do total de plantas danificadas).

Por sua vez, Sturion (1993) conduziu estudo de melhoramento genético no experimento instalado em Santa Cecília, SC (localizado na latitude 27°08'S e longitude de 50°29'W e a uma altitude de 850 m), em que as procedências australianas Bombala, SE Bendoc e SW Bendoc foram todas agrupadas, tendo assumido esse direcionamento com base em um estudo de divergência genética conduzido por Resende e Higa (1991), que concluíram que essas três fontes poderiam ser reunidas para formar uma única população de melhoramento.

Sturion (2008) descreve que o clima da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cfb, temperado, sempre úmido, pluvial com verão ameno, temperatura média anual de 16,5 °C, máxima absoluta de 37 °C (janeiro), mínima absoluta de -7 °C (junho) e precipitação pluviométrica média anual de 1.500 mm, com distribuição uniforme ao longo do ano. Segundo o autor, o solo foi classificado como LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

O experimento foi estruturado a partir de 25 progênies para cada uma das citadas procedências, totalizando, portanto, 75 tratamentos. A Tabela 9 apresenta a localização geográfica dos materiais avaliados.

Tabela 9. Localização geográfica de procedências e progênies presentes em experimento de *E. viminalis* instalado em Campo do Tenente, PR.

Procedência	Nº de progênies	Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)
Bombala, NSW	25	37°13'	149°18'	420
SE Bendoc, VIC	25	37°15'	149°58'	850
SW Bendoc, VIC	25	37°15'	148°45'	720

Legenda: NSW - New South Wales; VIC - Victoria.

Fonte: Sturion (1993).

Os objetivos foram estimar parâmetros genéticos para entender o controle genético dos caracteres de crescimento e de qualidade da madeira; verificar como esses caracteres se correlacionavam; comparar os ganhos genéticos estimados por seleção combinada com aqueles estimados por seleção entre e dentro de progênies e comparar a eficiência do método não destrutivo com o destrutivo de determinação da densidade básica da madeira na seleção de árvores. Para tanto, em 30 progênies obtidas ao acaso do conjunto completo, foram avaliadas em 450 árvores, aos 43 meses de idade (3,6 anos), os seguintes caracteres: altura, DAP, volume cilíndrico, densidade básica e teores de extrativos, lignina e holocelulose da madeira (Sturion, 1993). O autor concluiu que a seleção de árvores deveria ser realizada para os caracteres de crescimento e densidade básica da madeira por apresentarem boas perspectivas de ganhos genéticos e que os constituintes químicos da madeira não deveriam ser incluídos como critério de seleção, já que os ganhos genéticos estimados foram pouco expressivos. A seleção de árvores para os caracteres de crescimento não ocasionou alterações de ordem prática na densidade básica e nos teores dos constituintes químicos da madeira. Igualmente, a seleção para a densidade básica não esteve relacionada com alterações significativas nos teores dos constituintes químicos da madeira. As estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva, obtidas entre a densidade básica média da árvore e as densidades avaliadas no DAP, tanto por meio de cunhas como de baguetas, bem como com a densidade determinada a 50% da altura total, foram positivas e de alta magnitude. Isso evidenciou a adequação da utilização do método de amostragem não destrutivo por meio de bagueta, para se conduzir a seleção visando aumento da densidade da madeira, além de ser mais prático operacionalmente. Salienta-se que nesse estudo a densidade básica média da árvore foi estimada com boa precisão, por meio de equações de regressão linear. O ponto de partida foram cunhas de madeira obtidas do DAP e nas posições correspondentes a 10%, 30%, 50% e 70% da altura total, considerando as 450 árvores que foram cortadas para a condução da pesquisa e que formaram a base de dados para formulação das referidas equações, as quais tiveram como variáveis independentes as densidades básicas determinadas ao DAP ou a 50% da altura total.

Os resultados médios dos caracteres avaliados nesse estudo constam na Tabela 10. Por sua vez, as estimativas de herdabilidade desses caracteres constam na Tabela 11.

Tabela 10. Resultados das análises de variância para caracteres de crescimento e de composição química da madeira de progênies de *E. viminalis*, aos 43 meses de idade, em Santa Cecília, SC.

Caracteres	Média	Teste F	P>F	CVe (%)
Altura (m)	11,7	1,75	0,02	10,95
DAP (cm)	9,6	1,57	0,05	14,10
Volume cilíndrico (m³/árv.)	0,085	1,73	0,02	34,93
Dbc (g/cm³)	0,477	4,25	0,01	3,50
Dbb (g/cm³)	0,442	3,82	0,01	3,26
Db50 (g/cm³)	0,457	5,20	0,01	3,59
Dbm (g/cm³)	0,451	4,61	0,01	3,33
Teor de extrativos (%)	3,13	1,36	0,13	12,87
Teor de lignina Klason (%)	25,43	1,61	0,04	2,44
Teor de holocelulose (%) ^a	71,43	1,46	0,08	0,92

Fonte: Sturion (1993).

Legenda: Dbc e Dbb - densidades básicas determinadas ao nível do DAP, por meio de cunha e de bagueta, respectivamente; Db50 - densidade básica determinada a 50% da altura da árvore, por meio de cunha; Dbm - densidade básica média da árvore; CVe - Coeficiente de variação experimental.

Observação: ^a Teor de holocelulose (%) obtido subtraindo-se o teor de extrativos e de lignina Klason (insolúvel em ácido sulfúrico 72%) do valor 100%, estando, portanto, superestimado em função de 4% do teor de lignina total ter se solubilizado em ácido sulfúrico 72%.

Tabela 11. Estimativas de coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas individuais (h^2_i) dentro de progênies (h^2_d) e ao nível de médias de progênies (h^2_F), para caracteres de crescimento e de qualidade da madeira de *E. viminalis*, aos 43 meses de idade, em Santa Cecília, SC.

Caracteres	h^2_i	h^2_d	h^2_F	s (h^2_F)
Altura (m)	0,26	0,27	0,51	0,14
DAP (cm)	0,20	0,20	0,43	0,16
Volume cilíndrico (m³/árv.)	0,27	0,29	0,51	0,14
Dbc (g/cm³)	0,82	0,89	0,92	0,02
Dbb (g/cm³)	0,70	0,70	0,89	0,03
Db50 (g/cm³)	0,92	0,99	0,97	0,01
Dbm (g/cm³)	0,87	0,95	0,94	0,02
Teor de extrativos (%)	0,07	0,05	0,32	0,19
Teor de lignina Klason (%)	0,18	0,16	0,45	0,16
Teor de holocelulose (%) ^a	0,11	0,09	0,38	0,18

Fonte: Sturion (1993).

Legenda: Dbc e Dbb - densidades básicas determinadas ao nível do DAP, por meio de cunha e de bagueta, respectivamente; Db50 - densidade básica determinada a 50% da altura da árvore, por meio de cunha; Dbm - densidade básica média da árvore; s (h^2_F) - desvio padrão da herdabilidade em nível de médias de progênies.

Observação: ^a Teor de holocelulose (%) obtido subtraindo-se o teor de extrativos e de lignina Klason (insolúvel em ácido sulfúrico 72%) do valor 100%, estando, portanto, superestimado em função de 4% do teor de lignina total ter se solubilizado em ácido sulfúrico 72%.

Segundo o autor, a existência de variabilidade genética foi comprovada ao serem detectadas diferenças significativas entre médias de progênies pelo Teste F ($P>F$, Tabela 10), no presente caso para os caracteres de crescimento e para a densidade básica da madeira.

Sobre as estimativas de herdabilidade em nível de plantas, destacou-se que elas foram de baixa magnitude para os caracteres de crescimento e de composição química da madeira, neste caso de forma mais marcante para teor de extrativos, em virtude dos valores elevados de seus respectivos coeficientes de variação fenotípica. Porém, para os teores de lignina e de holocelulose, as baixas estimativas de herdabilidade foram atribuídas à existência de pouca variabilidade genética aditiva, uma vez que, para esses caracteres, tanto o coeficiente de variação genética como o de variação fenotípica apresentaram valor baixo. Para a densidade básica da madeira as estimativas dos co-

eficientes de herdabilidade, no sentido restrito, tanto ao nível de plantas individuais como ao nível de médias de progênes, foram de alta magnitude, além de estarem associadas a desvios de magnitude relativamente baixos. O autor ressaltou ainda que, apesar de não terem sido estimados os desvios associados às herdabilidades ao nível de plantas, aqueles obtidos para as herdabilidades ao nível de médias de progênes indicariam com segurança que, para densidade, os desvios ao nível de plantas também seriam de baixa magnitude.

Por fim, para a transformação do teste de progênie em Pomar de Sementes por Mudas, Sturion (1993) recomendou que a seleção de árvores fosse feita por meio da seleção combinada e que fosse formulado um índice de seleção tendo por base o volume da árvore e a densidade básica da madeira.

Caracteres prioritários

Os atributos de interesse considerados prioritários ao programa de melhoramento da espécie *E. viminalis* foram classificados em quatro categorias, conforme seguem:

- Características silviculturais das árvores: retidão do fuste, quantidade e espessura de galhos, circularidade na base e sanidade geral.
- Caracteres de crescimento das árvores: DAP, altura e volume de madeira, os quais refletem suas taxas de crescimento.
- Caracteres tecnológicos da madeira para polpação e carvoejamento: densidade básica, poder calorífico superior, teor de lignina Klason, teor de lignina solúvel, teor de açúcares, teor de extrativos, teor de cinzas.
- Caracteres tecnológicos da madeira para processamento mecânico: módulo de resistência à compressão, cisalhamento, tração, dureza, retração volumétrica.

Esse conjunto de atributos atende a maioria das necessidades buscadas nas árvores e das aplicações pretendidas a partir da madeira produzida.

Seleção, georreferenciamento e fenotipagem de matrizes

As avaliações efetuadas na rede experimental estabelecida sob a coordenação da Embrapa permitiram definir as procedências de maior potencial adaptativo e produtivo. Particularmente na empresa Irani Papel e Embalagem S.A., parceira da Embrapa em Santa Catarina, as de melhor desempenho passaram a ser denominadas de Populações-Base de Melhoramento, as quais representam o que permaneceu no campo em função dos bons resultados obtidos com base na experimentação original. Um total de três procedências foram contempladas, sendo que uma quarta foi anexada em função do seu excelente padrão silvicultural graças ao trabalho conduzido pela parceira de pesquisa. Os detalhes das áreas experimentais são apresentados adiante:

- População-Base P1 (14.201) - Banco de Conservação Genética de *E. viminalis* procedente de região situada a 14 km no rumo sudeste de Bendoc (SE Bendoc) no estado de Victoria, Austrália. Base genética original formada a partir de 25 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progênes sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 35 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi implantada em fevereiro de 1986, na Fazenda Criciúma (Latitude 26°58'57"S, Longitude 51°52'13"O e Altitude 1.140 m), localizada no município de Irani, SC, em gleba com

CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico léptico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, terço médio da encosta, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva < 100 cm. A população remanescente (179 árvores) apresenta boas condições silviculturais. Atualmente, o número de plantas está ideal devido ao desbaste seletivo realizado em 2017. Área total: 1,35 ha. Foram selecionadas oito matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.

- População-Base P2 (14.199) - Banco de Conservação Genética de *E. viminalis* procedente de região situada a 43 km ao sul de Bombala (Bombala), estado de New South Wales, Austrália. Base genética original formada a partir de 20 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progênes sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 20 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi implantada em março de 1986, na Fazenda Campina da Alegria (Latitude 26°56'26"S, Longitude 51°48'07"O e Altitude 1.114 m), localizada no município de Catanduvas, SC, em gleba com CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico típico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva > 100 cm. A população remanescente (77 árvores) apresenta boas condições silviculturais para a produção de sementes melhoradas, sendo necessário apenas um desbaste complementar ao realizado em 2018, para finalização. Área total: 0,62 ha. Foram selecionadas quatro matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.
- População-Base P3 (14.200) - Banco de Conservação Genética de *E. viminalis* procedente de região localizada a 16 km no rumo sudoeste de Bendoc (SW Bendoc), estado de Victoria, Austrália. Base genética original formada a partir de 25 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progênes sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 30 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi instalada em março de 1986, na Fazenda São João do Irani/Camargo (Latitude 26°54'15"S, Longitude 51°46'57"O e Altitude 1.179 m), localizada no município de Vargem Bonita, SC, em gleba com NITOSSOLO BRUNO Distroférrico cambissólico, horizonte A húmico, textura muito argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 30 cm e profundidade efetiva > 100 cm. A população remanescente (177 árvores) apresenta boas condições silviculturais, havendo necessidade de desbastes seletivos complementares. Área total: 1,04 ha. Foram selecionadas oito matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.
- População-Base P4 - Talhão de *E. viminalis* procedente do estado de New South Wales, Austrália. Base genética original desconhecida. Foi instalada na forma de povoamento comercial (sob espaçamento de 3,0 m x 2,0 m entre plantas) em dezembro de 1995, na Fazenda Pinho (Latitude 26°50'12"S, Longitude 51°51'51"O e Altitude 1.028 m), localizada no município de Ponte Serrada, SC, em gleba com predomínio de NITOSSOLO BRUNO Distroférrico cambissólico, horizonte A húmico, textura muito argilosa, relevo ondulado, bem drenado, terço superior a médio de encosta, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva > 100 cm. Na parte inferior da encosta ocorre a presença de CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico léptico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva < 100 cm. As boas condições silviculturais, a adequada densidade populacional remanes-

cente e a qualidade das matrizes conferem uma condição muito favorável para aproveitamento da população como fonte de sementes melhoradas para uso local. Área total: 5,76 ha. Foram selecionadas 12 matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.

As Figuras 7, 8 e 9 representam a disposição espacial dos blocos e parcelas que constituíram as Populações-Base P1, P2 e P3. O posicionamento de cada uma das 20 matrizes com o respectivo número de referência e que foram definidas pelo processo de seleção encontra-se realçado com fonte de cor azul. Não estão representadas nas figuras as plantas de bordadura e, ou de preenchimento. A População-Base P4 não foi representada esquematicamente como as demais populações por ser originalmente um plantio comercial, tendo contribuído com 12 matrizes. Dessa forma, 32 genótipos foram considerados prioritários para a continuidade do programa de melhoramento genético da espécie.

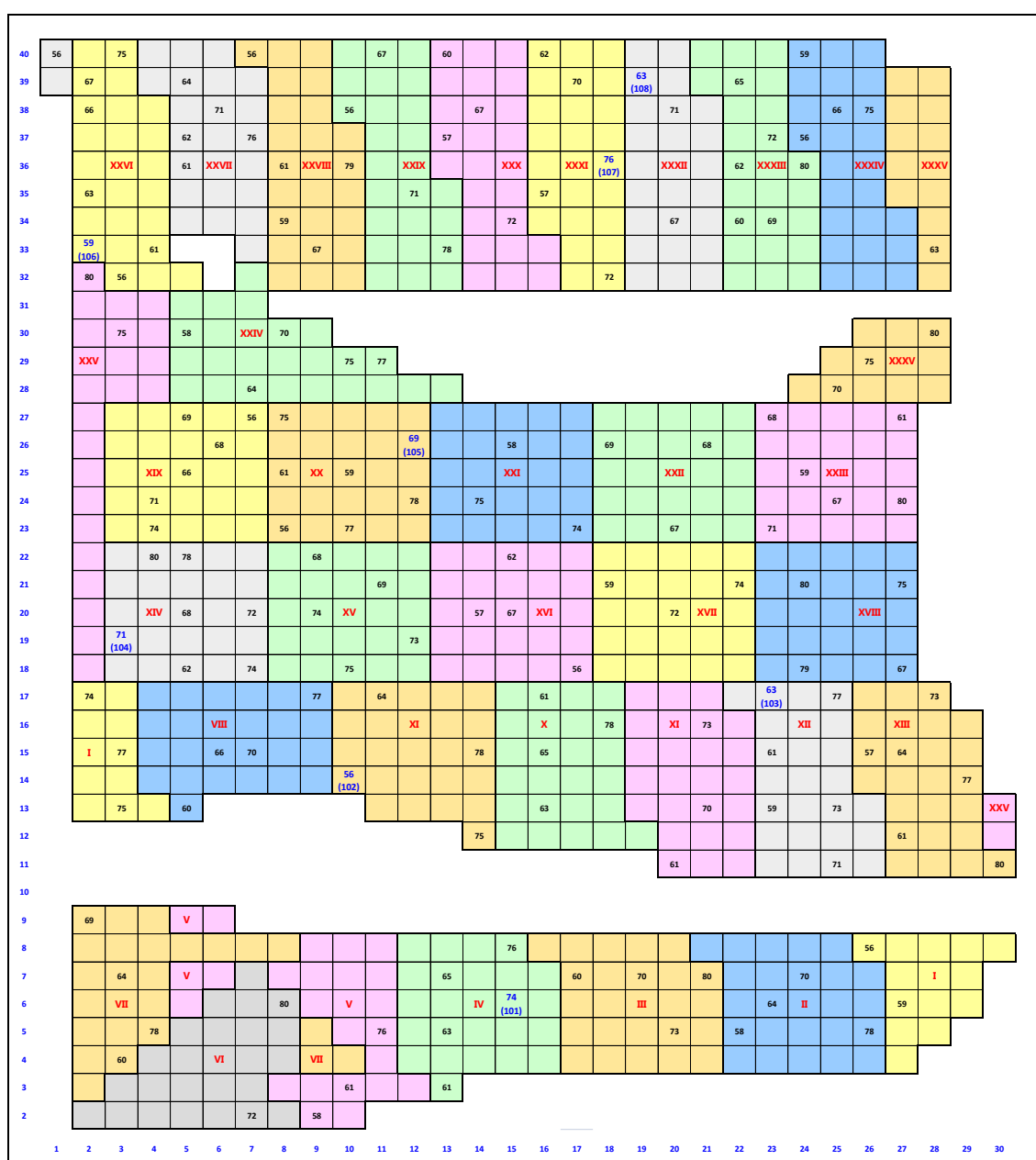


Figura 7. Representação da População-Base P1 de *E. viminalis* contendo a disposição espacial das árvores remanescentes nas repetições (delimitadas por fundo colorido) após desbastes seletivos. Algarismos árabicos e romanos identificam o número da progênie e da repetição, respectivamente. O posicionamento e o correspondente número de referência da matriz (entre parênteses) estão destacados em fonte na cor azul.

20		7	17				8			12		16		23				17		28
19						13			16		19			25						
18			20		16					24					7			7		
17		11	XVI	26		25	26	XV			9	20	VI					V		25
16						7		9		12				25		9		8 (112)		
15	26								16		22		19				17		16	
14		14		8		19				24									14	23
13			XVII		20			27	XIV				VII	8			13	IV		15
12	20					7		9						14 (111)					28	
11					23	13		15					24		15			27		26
10		19							23		16			11		25				
9			XVIII	14				XIII		30		20	VIII				7	III	12	
8	15				8			9				17					9		20	
7	14		14		7			15		17	15									11
6	13				24	19								16		27		19	7	
5			XIX				28	XII					IX	7	9			14	II	
4	11	26				7		9			8 (110)		22	17						
3			9		27			15									9	22		
2			8 (109)									25	13			8	17		16	
1			7	XX	30		26	XI					X					I		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Figura 8. Representação da População-Base P2 de *E. viminalis* contendo a disposição espacial das árvores remanescentes nas repetições (delimitadas por fundo colorido) após desbastes seletivos. Algarismos arábicos e romanos identificam o número da progênie e da repetição, respectivamente. O posicionamento e o correspondente número de referência da matriz (entre parênteses) estão destacados em fonte na cor azul.

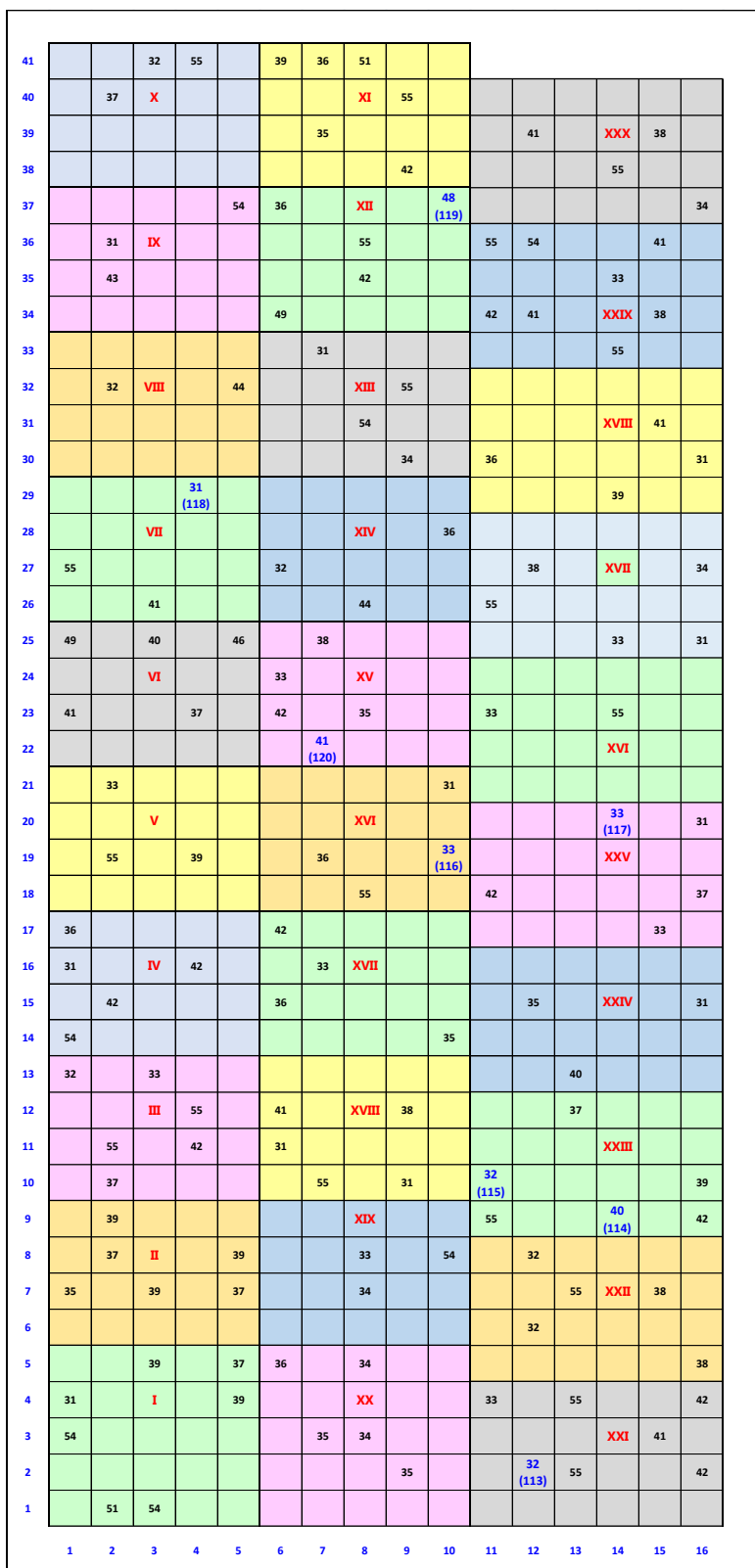


Figura 9. Representação da População-Base P3 de *E. viminalis* contendo a disposição espacial das árvores remanescentes nas repetições (delimitadas por fundo colorido) após desbastes seletivos. Algarismos arábicos e romanos identificam o número da progênie e da repetição, respectivamente. O posicionamento e o correspondente número de referência da matriz (entre parênteses) estão destacados em fonte na cor azul.

Por sua vez, as Figuras 10 a 13 mostram a localização geográfica e os posicionamentos na paisagem das áreas que contêm as citadas Populações-Base nos respectivos municípios, nos quais a empresa Irani Papel e Embalagem S.A. desenvolve suas atividades (Irani, Catanduvas e Vargem Bonita, todos localizados no estado de Santa Catarina). O aspecto geral das árvores de cada População-Base pode ser visualizado na sequência das Figuras 14 a 17.



Figura 10. Localização do talhão estabelecido na Fazenda Criciúma (Irani, SC) correspondente à População-Base P1 de *E. viminalis* (Latitude 26°58'57"S, Longitude 51°52'13"O e Altitude 1.140 m).

Fonte: imagem Google Earth (16/08/2019).



Figura 11. Localização do talhão estabelecido na Fazenda Campina da Alegria (Catanduvas, SC) correspondente à População-Base P2 de *E. viminalis* (Latitude 26°56'26"S, Longitude 51°48'07"O e Altitude 1.114 m).

Fonte: imagem Google Earth (16/08/2019).



Figura 12. Localização do talhão estabelecido na Fazenda São João do Irani/Camargo (Vargem Bonita, SC) correspondente à População-Base P3 de *E. viminalis* (Latitude 26°54'15"S, Longitude 51°46'57"O e Altitude 1.179 m).

Fonte: imagem: Google Earth (16/08/2019).

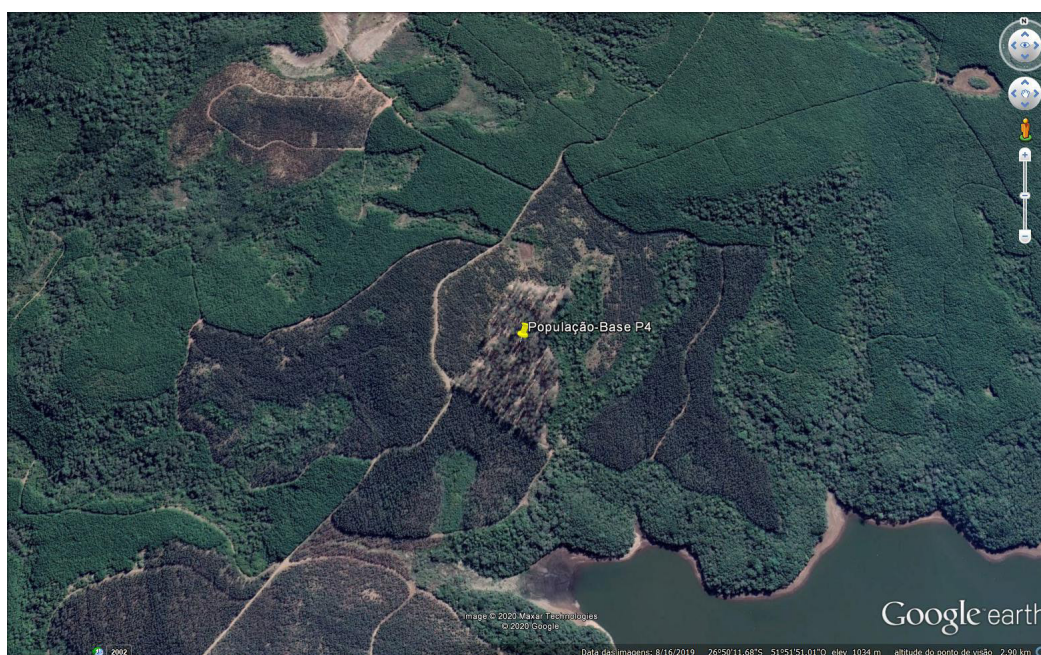


Figura 13. Localização do talhão estabelecido na Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC) correspondente à População-Base P4 de *E. viminalis* (Latitude 26°50'12"S, Longitude 51°51'51"O e Altitude 1.028 m).

Fonte: imagem Google Earth (16/08/2019).



Figura 14. População-Base P1 instalada em fevereiro de 1986 na Fazenda Criciúma (Irani, SC), pertencente à Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos.



Figura 15. População-Base P2 instalada em março de 1986 na Fazenda Campina da Alegria (Catanduvas, SC), pertencente à Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 32 anos.



Figura 16. População-Base P3 instalada em março de 1986 na Fazenda São João do Irani/Camargo (Catanduvas, SC), pertencente à Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos.



Figura 17. População-Base P4 instalada em dezembro de 1995 na Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC), pertencente à Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 21 anos.

O trabalho de identificação das 32 melhores árvores (matrizes) das Populações-Base levou em consideração uma série de procedimentos técnicos, incluindo medições dendrométricas, avaliações qualitativas e análises estatístico-genéticas dos caracteres de crescimento. A caracterização da madeira, a partir de amostragens de lenho, não interferiu nessa etapa de seleção, sendo realizada posteriormente e restringindo-se somente às matrizes, em virtude do prolongado tempo exigido para execução e dos altos custos envolvidos. Nas áreas instaladas sob delineamento experimental de blocos casualizados (Populações-Base P1, P2 e P3), a avaliação de crescimento foi realizada em todas as árvores remanescentes vivas presentes, porém, no talhão comercial atribuído como População-Base P4, somente as árvores eleitas como matrizes foram medidas devido à inexistência de delineamento estatístico ao se plantar o material no campo. Nas Populações-Base P1, P2 e P3 um total de 494 árvores foram avaliadas em 2014, aos 28 anos de idade, sendo 87 de bordadura. Na População-Base P4 as matrizes foram avaliadas aos 19 anos de idade.

A caracterização fenotípica consistiu na avaliação do crescimento (circunferência à altura do peito - CAP e altura total), forma do fuste, espessura/quantidade de galhos, circularidade na base e ainda registro de ocorrência de gomose/pau-preto. Posteriormente, com base nos resultados obtidos pelo programa computacional Selegen REML/BLUP para o caráter volume (cujos valores para processamento foram calculados convertendo-se CAP em diâmetro à altura de peito - DAP, mantendo-se a altura total e atribuindo-se 0,5 como fator de forma), os genótipos foram ordenados com base no valor genético aditivo. Os 20 melhores indivíduos foram, então, definidos considerando-se conjuntamente a classificação por valor genético aditivo para crescimento e por um conjunto de caracteres qualitativos relevantes para seleção, examinadas fenotipicamente árvore a árvore.

Ao longo do tempo, as referidas Populações-Base foram manejadas silviculturalmente por meio de desbastes seletivos. Os critérios adotados para eliminação de árvores foram os seguintes: presença de sintomas de doenças ou de má adaptação (gomose/pau-preto); taxa de crescimento abaixo da média; acentuada tortuosidade; ocorrência de bifurcação; deformação na base do fuste; ramificação fora de padrões aceitáveis e, ou galhos excessivamente grossos; danos mecânicos e inclinação anormal.

Dentre as árvores remanescentes, as 32 matrizes das quatro Populações-Base, eleitas sob rigorosos critérios de seleção e, portanto, estratégicas para a continuidade dos trabalhos de melhoramento genético, foram identificadas individualmente por meio de plaquetas plásticas numeradas (101 a 132) numa altura aproximada de 2,0 m a partir da superfície do solo, faceando o carreador para facilitar a localização visual, mais uma faixa de tinta de cor azul circundando todo o perímetro do fuste. Adicionalmente, foi realizado o georreferenciamento de cada matriz por meio de GPS, sendo registradas suas respectivas latitude e longitude.

O intuito foi estruturar as áreas para se tornarem áreas produtoras de sementes nas modalidades Pomar de Sementes por Mudanças - PSM (Populações-Base P1, P2 e P3) e Área de Produção de Sementes - APS (População-Base P4) em face das seleções praticadas em diferentes momentos, culminando com a realização dos desbastes para eliminação das árvores que não atendiam aos padrões desejados. As Populações-Base P1 e P3 mostraram-se sensivelmente superiores à População-Base P2 e a População-Base P4 demonstrou excelente uniformidade de crescimento. As quatro áreas encontram-se em maturidade reprodutiva, evidenciada pela formação de frutos.

A caracterização dendrométrica das matrizes (DAP e altura total das árvores) e de outros caracteres de interesse para o melhoramento encontram-se detalhadas nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12. Resultados das medições realizadas para os caracteres DAP (cm) e Altura Total (m) e estimativa de Volume Real de Madeira (m³) para cada uma das 20 matrizes de *E. viminalis* selecionadas para o Programa de Melhoramento, assim como das avaliações qualitativas para forma do fuste, espessura e quantidade de galhos e da circularidade na base da matriz. Idade: 28 anos.

Nº da Matriz	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume real (m ³)	Forma do fuste	Espessura de galhos	Quantidade de galhos	Circularidade na base
101	66,8	38,4	6,74	5	fina	média	regular
102	81,8	42,9	11,27	4	fina	média	regular
103	89,1	40,5	12,63	5	média	grande	regular
104	64,3	41,1	6,67	4	fina	média	regular
105	69,1	40,8	7,64	4	média	grande	boa
106	86,9	42,9	12,72	4	média	média	boa
107	83,7	41,7	11,48	4	média	grande	boa
108	78,9	41,4	10,13	3	média	média	boa
109	69,1	41,4	7,76	5	média	grande	regular
110	70,0	43,8	8,43	4	média	média	regular
111	71,9	42,0	8,54	4	média	média	boa
112	77,0	42,3	9,86	5	média	grande	regular
113	64,6	41,7	6,84	3	média	média	boa
114	60,8	39,9	5,79	4	fina	grande	boa
115	63,3	43,5	6,85	3	média	média	boa
116	66,8	42,3	7,42	4	média	média	regular
117	76,4	44,1	10,11	4	grossa	grande	boa
118	81,8	44,1	11,59	4	grossa	média	boa
119	61,8	37,2	5,57	4	média	média	boa
120	60,5	40,5	5,82	4	fina	média	regular

Observações: 1ª) A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); 2ª) Para fins de estimativa do Volume Real, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos.

Tabela 13. Resultados das medições realizadas para os caracteres DAP (cm) e Altura Total (m) e estimativa de Volume Real de Madeira (m³) para cada uma das 12 matrizes de *E. viminalis* selecionadas para o Programa de Melhoramento, assim como das avaliações qualitativas para forma, espessura e quantidade de galhos e da circularidade na base da matriz. Idade: 19 anos.

Nº da matriz	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume real (m ³)	Forma do fuste	Espessura de galhos	Quantidade de galhos	Circularidade na base
121	67,8	43,9	7,92	5	média	média	regular
122	75,8	43,0	9,69	5	média	grande	boa
123	58,7	42,3	5,73	5	média	média	boa
124	59,2	46,2	6,36	4	média	média	regular
125	75,6	46,3	10,39	5	média	média	regular
126	68,4	45,5	8,37	5	média	média	boa
127	87,1	49,7	14,79	4	média	média	regular
128	65,1	46,1	7,67	4	grossa	média	boa
129	61,4	45,3	6,71	4	fina	média	ruim
130	57,1	47,2	6,05	5	média	média	regular
131	68,3	46,0	8,42	3	média	grande	regular
132	74,5	41,2	8,98	3	grossa	média	boa

Observações: 1ª) A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); 2ª) Para fins de estimativa do Volume Real, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos.

O aspecto geral do padrão das matrizes selecionadas em cada uma das citadas Populações-Base pode ser visualizado nas Figuras 18 a 25.



Figura 18. Matriz nº 101 da População-Base P1 instalada em janeiro de 1986 na Fazenda Criciúma, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. DAP: 66,8 cm. À direita, aspecto da casca, do tipo lisa (mais frequente).



Figura 19. Matriz nº 101 da População-Base P1 instalada em janeiro de 1986 na Fazenda Criciúma, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. Altura: 38,4 m. Aspectos da parte intermediária do fuste e da copa.



Figura 20. Matriz nº 110 da População-Base P2 instalada em março de 1986 na Fazenda São João/Cazella III, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. DAP: 70,0 cm. À direita, aspecto da casca, do tipo rugosa (mais frequente).



Figura 21. Matriz nº 110 da População-Base P2 instalada em março de 1986 na Fazenda Campina da Alegria, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. Altura: 43,8 m. Aspectos da parte intermediária do fuste e da copa.



Figura 22. Matriz nº 118 da População-Base P3 instalada em março de 1986 na Fazenda São João do Irani/Camargo, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. DAP: 81,8 cm. À direita, aspecto da casca, do tipo lisa (mais frequente).



Figura 23. Matriz nº 118 da População-Base P3 instalada em março de 1986 na Fazenda São João do Irani/Camargo, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 28 anos. Altura: 44,1 m. Aspectos da parte intermediária do fuste e da copa.



Figura 24. Matriz nº 121 da População-Base P4 instalada em dezembro de 1995 na Fazenda Pinho, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 19 anos. DAP: 52,2 cm. À direita, aspecto da casca, do tipo lisa (mais frequente).



Figura 25. Matriz nº 121 da População-Base P4 instalada em dezembro de 1995 na Fazenda Pinho, da Irani Papel e Embalagem S.A.. Idade: 19 anos. Altura: 37,2 m. Aspectos da parte intermediária e da copa.

As Tabelas 14 e 15 apresentam, resumidamente, o desempenho em termos de crescimento (Diâmetro à Altura do Peito - DAP, Altura Total - ALT e Volume Real de Madeira por Árvore - VOL) e Forma do Fuste (FF) dos dois conjuntos de matrizes pertencentes às Populações-Base P1, P2, P3 e P4 que estão servindo de base para a continuidade do melhoramento genético e de estruturação de nova área destinada à produção de sementes de melhor qualidade a partir da recombinação desses genótipos. Na Tabela 14 constam os resultados de todas as árvores remanescentes avaliadas, incluindo as de bordadura, diferentemente da Tabela 15, cujos resultados referem-se exclusivamente às matrizes. Conforme citado anteriormente, como as procedências SE Bendoc, Bombala e SW Bendoc podem ser reunidas em uma mesma população de melhoramento, de acordo com o estudo de divergência genética efetuado por Resende e Higa (1991), a continuidade dos futuros trabalhos a serem conduzidos, tal como a formação de um Pomar Clonal de Sementes, será facilitada.

Tabela 14. Resultados das avaliações realizadas aos 28 anos de idade, nas árvores remanescentes e nas 20 matrizes das Populações-Base P1, P2 e P3 de *E. viminalis*, para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT), Volume Real de Madeira por Árvore (VOL) e Forma do Fuste (FF).

Atributos	Caracteres			
	DAP (cm)	ALT (m)	VOL (m ³)	FF (nota)
..... Todas as árvores (494)				
Média	65,9	38,3	6,88	-
Maior valor	128,3	46,5	22,10	-
Menor valor	35,3	23,1	1,52	-
Amplitude	92,9	23,4	20,58	-
Desvio padrão	14,161	3,426	3,245	-
IMA ^a	2,4	1,4	0,25	-
..... Somente as matrizes (20)				
Média	72,2	41,6	8,69	4,1
Maior valor	89,1	44,1	12,72	5
Menor valor	60,5	37,2	5,57	3
Amplitude	28,6	6,9	7,15	2
Desvio padrão	9,069	1,797	2,349	-
IMA ^a	2,6	1,5	0,31	-

Observações: 1^a) A nota para forma do fuste variou de 1 (pior) a 5 (melhor); 2^a) Para fins de estimativa do volume de madeira, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos; 3^a) ^a IMA: Incremento Médio Anual (cm ano⁻¹ para DAP; m ano⁻¹ para ALT e m³ ano⁻¹ para VOL).

Tabela 15. Resultados das avaliações realizadas aos 19 anos de idade, nas 12 matrizes da População-Base P4 de *E. viminalis*, para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT), Volume Real de Madeira por Árvore (VOL) e Forma do Fuste (FF).

Atributos	Caracteres			
	DAP (cm)	ALT (m)	VOL (m ³)	FF (nota)
Média	68,3	45,2	8,42	4,3
Maior Valor	87,1	49,7	14,79	5
Menor Valor	57,1	41,2	5,73	3
Amplitude	29,9	8,5	9,06	2
Desvio padrão	8,819	2,315	2,472	-
IMA ^a	3,6	2,4	0,44	-

Observações: 1^a) A nota para forma do fuste variou de 1 (pior) a 5 (melhor); 2^a) Para fins de estimativa do volume de madeira, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos; 3^a) ^a IMA: Incremento Médio Anual (cm ano⁻¹ para DAP; m ano⁻¹ para ALT e m³ ano⁻¹ para VOL).

A taxa de incremento diametral e de altura são expressivas para as idades de avaliação consideradas e, conseqüentemente, para o incremento volumétrico. Os valores médios encontrados para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT), Volume Real de Madeira por Árvore (VOL) e Forma do Fuste (FF) denotam um expressivo crescimento, o que pode ser comprovado ao se examinar os respectivos IMAs ($2,6 \text{ cm ano}^{-1}$; $1,5 \text{ m ano}^{-1}$ e $0,31 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ no caso das Populações-Base P1, P2 e P3 e $3,6 \text{ cm ano}^{-1}$; $2,4 \text{ m ano}^{-1}$ e $0,44 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ no caso da População-Base P4). Entre o grupamento formado pelas Populações-Base P1, P2 e P3 e a População-Base P4 existem praticamente dez anos de diferença em idade entre elas. A constatação de um IMA maior nesta última para os três caracteres considerados pode ser atribuída a três fatores: sítio de melhor qualidade, maior espaço amostral para definição das matrizes e fase de desenvolvimento mais proeminente. Os resultados conferem perspectivas de ganhos consideráveis no aumento da média da população na geração seguinte, seja via sementes ou clones, assim que tais propágulos estiverem disponíveis para uso comercial. Em relação à forma, as amostras selecionadas estão com médias de nota bastante altas.

Muitos trabalhos na literatura especializada atestam que tanto o controle genético do crescimento como a forma do fuste em espécies arbóreas são tipicamente poligênicos (grande número de genes com efeitos de diferentes graus), estando, portanto, mais sujeitos à interação com os ambientes. Conseqüentemente, o melhoramento desses caracteres requer uma experimentação mais elaborada, com maior número de ensaios e repetições e também demandando um maior controle da variação intrabloco, para que a seleção dos genótipos desejáveis seja efetiva.

Sob o enfoque de melhoramento genético para taxa de crescimento, o delineamento experimental utilizado nos três Bancos de Conservação Genética (Populações-Base) instalados em 1986, em áreas da Irani Papel e Embalagem S.A., possibilitou obter estimativas de parâmetros genéticos a partir dos dados da avaliação efetuada aos 28 anos de idade (Tabela 16). Contudo, a despeito do modelo de análise estatístico-genética escolhido no programa Selegen-REML/BLUP (modelo nº 19) estar perfeitamente condizente com a estrutura experimental, os resultados apresentaram desvios muito elevados para herdabilidade dos efeitos aditivos para os três caracteres considerados (DAP, ALT e VOL), inviabilizando a aplicação prática das determinações obtidas. A causa, provavelmente, deve-se à significativa alteração da estrutura original dos tratamentos que compunham cada experimento com o passar do tempo, devido aos desbastes e à redução gradual natural da taxa de sobrevivência, havendo, conseqüentemente, comprometimento das análises genéticas devido à redução da quantidade de progênies e também do número de plantas as representando, conduzindo a uma maior amplitude dos desvios e, conseqüentemente, menor exatidão das estimativas de herdabilidade.

Os resultados da Tabela 16 mostram que apenas as estimativas de herdabilidade dos efeitos aditivos obtidas para os caracteres DAP e VOL para a População-Base P1 possuem aproveitamento prático, por estarem dentro de níveis aceitáveis, enquanto que, para as Populações-Base P2 e P3, não há possibilidade de fazer uso das mesmas, independentemente do caráter considerado, em virtude da magnitude dos desvios e das inconsistências estatísticas decorrentes dos altos coeficientes de variação residuais. Vale salientar que a População-Base P1 era a que dispunha de maior número de árvores vivas no campo, por ocasião da medição final, sendo contabilizadas 157 plantas.

Tabela 16. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT) e Volume Real de Madeira por Árvore (VOL) em progênies de *E. viminalis* avaliadas nas Populações-Base P1, P2 e P3 aos 28 anos de idade, nos municípios de Irani, SC, Catanduvas, SC e Vargem Bonita, SC, respectivamente.

Parâmetros da avaliação genética		Caracteres Avaliados / População								
		População-Base P1			População-Base P2			População-Base P3		
		DAP	ALT	VOL	DAP	ALT	VOL	DAP	ALT	VOL
σ_a^2	Variância genética aditiva	86,281	0,555	3,364	0,390	0,054	0,022	145,490	---	11,893
σ_e^2	Variância residual	66,530	6,147	4,661	117,275	9,549	5,908	77,955	---	1,583
σ_f^2	Variância fenotípica individual	152,810	6,702	8,025	117,665	9,602	5,930	223,445	---	13,476
h_a^2	Herdabilidade dos efeitos aditivos	0,565 ± 0,339	0,083 ± 0,130	0,419 ± 0,292	0,003 ± 0,031	0,006 ± 0,040	0,004 ± 0,032	0,651 ± 0,391	---	0,883 ± 0,456
h_{mp}^2	Herdabilidade da média de progênie	0,852	0,425	0,804	0,016	0,027	0,018	0,854	---	0,895
Ac_{prog}	Acurácia da seleção de progênies	0,923	0,652	0,897	0,128	0,165	0,134	0,924	---	0,946
$CV_{gi}(\%)$	Coefficiente de variação genética aditiva individual	13,834	1,966	26,316	1,037	0,577	2,471	18,038	---	48,453
$CV_{gp}(\%)$	Coefficiente de variação genotípica entre progênies	6,917	0,983	13,158	0,519	0,289	1,235	9,019	---	24,226
$CV_e(\%)$	Coefficiente de variação residual	17,061	6,762	38,455	18,018	7,727	40,777	20,454	---	45,533
	Média geral	67,15 cm	37,89 m	6,97 m ³	60,18 cm	40,07 m	5,97 m ³	66,87 cm	---	7,12 m ³

Nota: número de árvores avaliadas/População-Base = 157 (P1), 114 (P2) e 136 (P3).

Para a População-Base P1, as estimativas dos coeficientes de variação genética individual (\widehat{CV}_{gi} (%)), para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT) e Volume Real de Madeira (VOL) foram 13,83%, 1,97% e 26,32% respectivamente, suficientes para sustentar o avanço de geração de melhoramento genético. Coeficientes de herdabilidade individual dos efeitos aditivos (\widehat{h}_a^2) e da média de progênie (\widehat{h}_{mp}^2) foram também estimados, sendo encontrados os seguintes valores para os caracteres descritos: 0,57; 0,08 e 0,42 e 0,85; 0,43 e 0,80, respectivamente. As acurácias das herdabilidades médias de progênie (Ac_{prog}) foram: 0,923 (DAP); 0,652 (ALT) e 0,897 (VOL), sendo de valor baixo apenas para o caráter Altura Total. Os elevados valores das acurácias remetem a um nível expressivo de confiabilidade na previsão de ganhos advindos da seleção para os caracteres Diâmetro à Altura do Peito e Volume Real de Madeira.

Particularmente para o caráter Altura Total da População-Base P3, a amostra contendo os dados originais não atendeu aos pressupostos para a realização da análise paramétrica (independência dos erros, homogeneidade das variâncias e distribuição normal dos erros) e, mesmo após a transformação matemática dos mesmos por vários procedimentos, a estrutura dos dados não se modificou, resultando estimativas de parâmetros genéticos inválidas. Em face disso, os resultados foram desconsiderados e não constam na Tabela 16.

A baixa herdabilidade dos efeitos aditivos e o grande desvio para o caráter Altura Total denota que as árvores remanescentes muito provavelmente alcançaram o tamanho possível, considerando o potencial de expressão no respectivo sítio, além da influência das seleções aplicadas periodicamente por meio dos desbastes silviculturais que contribuíram para aproximar a altura das plantas proximamente à média. Estabelecida a classificação das árvores pelo critério de valor genético aditivo ($\mu+a$), posteriormente foi efetuada, para fins de seleção definitiva, a comprovação visual no campo da superioridade dos genótipos candidatos quanto à taxa de crescimento, sendo ainda considerados prioritários como critérios adicionais de escolha a sanidade e a forma do fuste. Essa etapa culminou com a escolha de oito matrizes de 25 progênies distintas.

Os coeficientes de variação experimentais (\widehat{CV}_e (%)) podem ser considerados, de acordo com Garcia (1989) e Pimentel-Gomes e Garcia (2002), como sendo de baixa magnitude para Altura Total (ALT) e entre média a alta magnitude para Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e Volume Real de Madeira (VOL), indicando que a exatidão das estimativas foi bastante variável, sendo mais confiáveis aquelas obtidas para a Altura Total. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas individuais ou dos efeitos aditivos (\widehat{h}_a^2), os coeficientes de variação genética individual (\widehat{CV}_{gi} (%)) e os demais atributos descritivos dos caracteres considerados para o conjunto das 157 árvores *per se* demonstram que o germoplasma pode corresponder às expectativas do melhoramento, apresentando valores que indicam perspectivas de ganhos satisfatórios em termos de crescimento. Salienta-se que o material original em questão se encontra em geração sem qualquer grau de melhoramento genético, representada por sementes provenientes de árvores que estavam crescendo livremente em regiões de ocorrência natural da espécie na Austrália (SE Bendoc) e, portanto, ainda no estado selvagem.

De modo geral, portanto, o germoplasma estudado possui aptidão para a condução de um programa de melhoramento genético, possibilitando boas perspectivas para desenvolver uma alternativa a mais de cultivo voltada para produtores de madeira interessados em utilizar eucalipto tolerante a invernos rigorosos, sujeitos a frequentes geadas, muitas delas de forte intensidade.

A Tabela 17 apresenta os valores dos diferenciais de seleção (ds), dos ganhos estimados em termos absolutos (\widehat{Gs}) e relativos [$\widehat{Gs}(\%)$], assim como as médias esperadas da população melhorada. A partir da recombinação genética unicamente dessas oito matrizes selecionadas, as estimativas

dos ganhos relativos de seleção fazendo-se uso de sementes para formar a geração seguinte em plantio comercial seriam da ordem de 8%, 0,7% e 18% para Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (ALT) e Volume Real de Madeira por Árvore (VOL), respectivamente. Ressalta-se que, pela genealogia, apenas duas matrizes guardam relação de parentesco entre si, por pertencerem à mesma progênie, porém, a verificação precisa do grau de parentesco entre as matrizes precisaria ser investigada por técnicas moleculares, possibilitando antever, a partir dos resultados gerados, eventuais efeitos negativos da depressão por endogamia na descendência.

Tabela 17. Ganhos de seleção absolutos e relativos para cada uma das três variáveis da População-Base P1 consideradas no estudo (Diâmetro à Altura do Peito - DAP, Altura Total - ALT e Volume Real de Madeira por Árvore - VOL) e novas médias esperadas para a população melhorada (*E. viminalis*, 28 anos de idade, Irani, SC).

Atributos	Caracteres		
	DAP	ALT	VOL
Média da população original sem seleção	67,15 cm	37,89 m	6,97 m ³
Média das árvores selecionadas	77,59 cm	41,21 m	9,91 m ³
ds	10,44 cm	3,32 m	2,94 m ³
\hat{h}_a^2	0,565	0,083	0,419
\hat{G}_s	5,90 cm	0,28 m	1,23 m ³
$\hat{G}_s(\%)$	8,79	0,74	17,65
Média da população melhorada	73,05 cm	38,17 m	8,20 m ³

Na estratégia geral de melhoramento que vem sendo conduzida em parceria com a Irani Papel e Embalagem S.A., prevê-se a instalação de um Pomar Clonal de Sementes reunindo as 32 matrizes descritas nas Tabelas 12 e 13 o que, a princípio, deve atenuar o coeficiente de endogamia a partir do intercruzamento amplo e não preferencial entre os genótipos parentais, para a obtenção da geração melhorada. No entanto, salienta-se que, dentro do grupo das 20 matrizes selecionadas nas Populações-Base P1, P2 e P3, parentesco de meios-irmãos está presente naquelas provenientes de mesma progênie, como é o caso das matrizes 103 e 108 (progênie nº 63), 109, 110 e 112 (progênie nº 8), 113 e 115 (progênie nº 32) e 116 e 117 (progênie nº 33).

Não foram efetuados cálculos de ganhos com base em valores genotípicos pela inviabilidade, até o presente momento, de serem obtidos clones diretamente das matrizes no campo, em face das dificuldades relatadas anteriormente.

Pelas estimativas obtidas pode-se depreender que existem reais perspectivas de serem incorporados incrementos representativos para taxa de crescimento, particularmente para DAP e volume de madeira, ao se utilizarem sementes oriundas da recombinação dessas matrizes na futura formação de povoamentos, desde que sejam estabelecidos nas mesmas condições ambientais dos experimentos e sob as mesmas técnicas silviculturais. Para o caráter altura, não há indicativos de ganhos significativos, mas isso muito provavelmente se deve ao fato de o material estar há bastante tempo no campo e, portanto, espelhando fidedignamente o índice de sítio.

Dada à escassez de publicações recentes na literatura de modo geral, nacional e internacional, advindas de dados gerados por programas de melhoramento genético de *E. viminalis*, a proposição de realizar comparações entre os resultados do programa conduzido pela Embrapa com outros desenvolvidos por empresas ou outras instituições de pesquisa ficaram limitadas.

Todavia, informações provenientes de um estudo bastante abrangente conduzido na Argentina por Cappa et al. (2010) possibilitaram aumentar o nível de conhecimento acerca das particularidades genéticas dessa espécie e das perspectivas para o melhoramento genético considerando vários

caracteres simultaneamente. Parâmetros genéticos para crescimento, retidão do fuste, penetração de Pilodyn, espessura relativa da casca e sobrevivência foram estimados a partir de cinco testes combinados de procedências e progênes. Os experimentos, localizados nas províncias de Buenos Aires, norte, centro e sul daquele país, contemplaram 148 progênes de polinização aberta de 13 procedências distribuídas nos estados de New South Wales (NSW) e Victoria (VIC), Austrália, além de oito lotes de sementes obtidas na própria Argentina. As procedências australianas eram oriundas de uma estreita faixa de distribuição natural (latitudes de 37°10' a 37°54' Sul e longitudes de 145°58' a 149°27' Leste), exceto quanto ao gradiente de altitude, que variou entre 160 m e 980 m. O delineamento estatístico utilizado nos experimentos foi o de blocos casualizados, contendo entre 15 e 20 repetições e parcelas de uma única planta, adotando-se em geral o espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, com exceção de um ensaio que foi plantado no espaçamento de 5,0 m x 2,0 m.

Os autores relataram que a média das estimativas de herdabilidade (h^2 média) no sentido restrito em nível de plantas individuais, contabilizando-se idades entre dois e seis anos dependendo do caráter considerado, foi 0,27 para diâmetro à altura do peito e 0,17 para altura total, sendo que os valores de herdabilidade aumentaram à medida que as árvores foram se tornando mais velhas. A penetração de Pilodyn e a espessura relativa da casca foram avaliadas em apenas um local e idade. A primeira foi mais herdável ($h^2 = 0,32$) em relação às médias dos caracteres de crescimento e segunda foi baixa ($h^2 = 0,15$). As estimativas de herdabilidade, também no sentido restrito em nível de plantas individuais, foram moderadas a baixas para a retidão do fuste (h^2 média = 0,20) e sobrevivência (h^2 média = 0,09), respectivamente. As correlações genéticas aditivas estimadas entre diâmetro e altura foram consistentemente altas e positivas (r_A média = 0,90). Elevadas correlações genéticas aditivas foram observadas entre variáveis de crescimento e penetração de Pilodyn (r_A média = 0,58). A espessura relativa da casca mostrou uma correlação negativa com o diâmetro ($r_A = -0,39$) e a altura ($r_A = -0,51$). A correlação genética aditiva estimada média entre os locais foi alta para o diâmetro ($r_A = 0,67$).

Das procedências australianas avaliadas nesse estudo (Rockton e Uriarra State Forest, NSW; Bald Hills, Bonang Kylisa, Bonang CSIRO, Bonang River, Errinundra Road, Federation Road, Martins Creek, Mountain Sunday, Mountain Baldhead, Noojee e Timbarra River, VIC), nenhuma foi coincidente com aquelas que fizeram parte da rede experimental estabelecida pela Embrapa juntamente com os seus parceiros. Os destaques em termos de crescimento couberam às procedências Errinundra Road e Timbarra River. As avaliações de crescimento apresentadas no artigo também aconteceram a idades muito jovens. Essas divergências, de modo geral, indicaram a inaplicabilidade prática para proceder comparações mais pontuais.

O trabalho de fenotipagem das árvores selecionadas nas Populações-Base P1, P2, P3 e P4 (total de 32 matrizes) mantidas pela Irani Papel e Embalagem S.A. teve continuidade em 2015, por meio da amostragem de madeira na forma de bagueta obtida mediante o uso de trado de incremento, sendo duas amostras por matriz à altura do DAP, uma delas na direção Norte-Sul e a outra na direção Leste-Oeste. Cada uma das baguetas foi acondicionada em porta-amostras construídas em madeira, sendo anotados o número da árvore, a posição correspondente à medula, além da direção da amostra quanto aos pontos cardeais. Pela natureza da amostragem, demandou-se um tempo considerável para se realizar a atividade no campo (Figuras 26 a 30). Aproximadamente meia hora era necessária para completar o trabalho numa única árvore. As amostras foram saturadas com água no laboratório mediante acondicionamento das subamostras em tubos do tipo Falcon (Figura 31).

As baguetas, devidamente identificadas, foram posteriormente destinadas à determinação da densidade da madeira e do poder calorífico no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Embrapa Florestas.

Figura 26. Componentes de trado de incremento utilizado para amostragem de lenho.

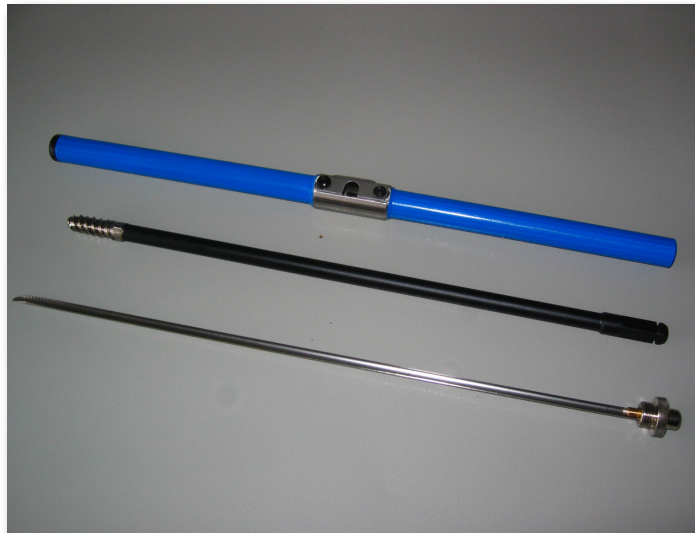


Figura 27. Definição do ponto na altura equivalente ao DAP (1,30 m) da árvore para início da perfuração com o trado de incremento, para a extração da bagueta.



Figura 28. Bagueta extraída da árvore e inserida no sulco do porta-amostra para proteção, durante o transporte ao laboratório.



Figura 29. Posicionamento da segunda metade do porta-amostra sobre a bagueta.





Figura 31. Saturação da bagueta em recipiente do tipo tubo Falcon contendo água, para determinação da densidade básica da madeira.



Figura 32. Conjunto formado por corpo da motosserra, no qual foi acoplado aparato auxiliar formado por mandril e broca, utilizado para a amostragem de lenho à análise química.



Figura 33. Operação para a coleta de amostra de lenho destinada à análise química.

Por outro lado, com o propósito de caracterizar o conjunto de 32 matrizes quanto à composição química da madeira (teores de holocelulose, lignina e extrativos, entre outros), foram obtidas amostras de lenho na forma de farelo, por meio de broca própria para perfuração dessa parte da árvore, adaptada para funcionamento no eixo do rotor de motosserra, mediante acoplamento por meio de mandril. O procedimento adotado foi o seguinte: a) remoção da casca por meio da abertura de uma janela quadrangular entre 5 cm e 6 cm de lado na altura do DAP, utilizando formão e marreta; b) avanço e retorno da broca seguidas vezes até alcançar a distância aproximada do raio, sendo coletado, concomitantemente, o material particulado removido do orifício e colocado em recipiente plástico; c) transferência do farelo com o auxílio de trincha a saquinho de papel devidamente identificado com o respectivo número da matriz; d) grampeamento do saquinho para se efetuar o transporte com segurança; e) limpeza do recipiente e broca para remoção de eventuais resíduos contaminantes, com vistas à execução da operação na matriz seguinte. Com esse aparato, o procedimento de amostragem foi completado rapidamente. A quantidade aproximada de material coletado por matriz foi 100 gramas. Todo o material amostrado foi manuseado de forma a facilitar a perda natural de umidade. As amostras foram analisadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Embrapa Florestas. As Figuras 32 e 33 ilustram o equipamento e a operacionalização da atividade no campo.

Os resultados das determinações de densidade básica, poder calorífico superior e composição química (teores de cinzas, extrativos, lignina Klason, lignina solúvel, arabinose, galactose, glicose, xilose, manose, celobiose e total de açúcares) realizadas nas 32 matrizes encontram-se nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18. Resultados da caracterização de propriedades físicas, energéticas e químicas da madeira de 20 matrizes de *E. viminalis* amostradas à idade de 29 anos, nos municípios de Irani, SC, Catanduvas, SC e Vargem Bonita, SC.

Número da matriz	Densidade básica (g/cm³)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel (%)	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Manose (mg/g)	Celobiose (mg/g)	Teor de açúcares (%)	Ranking para energia	Ranking para polpa
101	0,523	18,658	0,12	2,3	24,3	2,8	1,6	5,2	294,4	92,5	4,2	35,0	43,3	15	17
102	0,488	18,312	0,11	2,4	24,8	4,7	1,6	5,3	306,5	86,3	3,8	39,6	44,3	13	16
103	0,464	17,767	0,10	2,2	23,2	4,1	1,7	3,6	271,4	90,5	7,5	36,1	41,1	20	18
104	0,446	17,730	0,15	1,8	26,3	3,9	2,5	5,7	306,8	126,2	10,9	45,1	49,7	9	11
105	0,482	18,205	0,14	2,2	25,8	3,4	1,8	3,4	219,1	65,5	0,0	29,8	31,9	8	20
106	0,457	18,548	0,10	2,2	23,7	3,6	1,4	9,2	329,6	65,0	0,0	42,0	44,7	17	15
107	0,415	17,795	0,17	2,4	23,9	3,8	1,5	3,5	249,1	78,1	3,2	34,6	37,0	18	19
108	0,489	18,079	0,15	1,8	25,1	3,1	1,7	3,5	385,7	102,6	5,0	40,5	53,9	11	3
109	0,545	18,737	0,14	2,2	26,3	4,7	2,8	8,7	350,2	100,0	2,5	46,6	51,1	1	8
110	0,505	17,625	0,13	2,7	25,7	4,0	3,0	10,0	368,2	86,0	0,0	54,9	52,2	10	4
111	0,485	17,622	0,15	4,5	27,4	4,6	2,0	5,6	320,6	85,1	0,0	46,0	45,9	2	14
112	0,514	18,419	0,15	4,8	25,6	4,1	4,7	8,8	323,6	122,6	2,9	56,4	51,9	7	6
113	0,487	18,428	0,12	3,2	25,9	3,8	5,0	11,0	305,0	117,2	2,4	59,3	50,0	6	10
114	0,496	17,911	0,14	2,7	25,2	2,3	3,7	6,2	337,4	117,0	4,4	34,5	50,3	12	9
115	0,527	17,657	0,14	2,3	23,8	2,2	1,9	8,1	350,1	107,2	2,4	41,8	51,2	19	7
116	0,455	18,297	0,13	1,0	26,3	1,7	4,1	8,0	329,9	128,4	6,9	43,3	52,1	4	5
117	0,461	18,051	0,14	4,5	26,7	3,1	5,8	11,9	383,2	122,2	3,1	49,5	57,6	3	2
118	0,475	17,694	0,12	3,7	26,8	2,4	4,8	7,6	311,5	122,4	12,4	37,5	49,6	5	12
119	0,496	17,399	0,12	3,9	25,6	2,7	3,8	6,2	311,4	108,5	8,2	38,3	47,6	14	13
120	0,453	18,420	0,14	2,3	24,4	2,0	4,7	6,4	396,7	161,8	19,8	36,9	62,6	16	1
Média	0,483	18,068	0,13	2,8	25,3	3,4	3,0	6,9	322,5	104,3	5,0	42,4	48,4	-	-
Maior valor	0,545	18,737	0,17	4,8	27,4	4,7	5,8	11,9	396,7	161,8	19,8	59,3	62,6	-	-
Menor valor	0,415	17,399	0,10	1,0	23,2	1,7	1,4	3,4	219,1	65,0	0,0	29,8	31,9	-	-
Amplitude	0,131	1,339	0,08	3,8	4,3	3,0	4,5	8,5	177,6	96,9	19,8	29,5	30,7	-	-
Desvio padrão	0,031	0,397	0,02	1,0	1,2	0,9	1,4	2,5	44,5	23,9	4,9	7,9	6,9	-	-

Observação: Para as propriedades físicas e energéticas, a amostragem utilizada foi do tipo bagueta e, para a determinação do perfil químico, a amostragem foi do tipo farelo, ambas obtidas em nível de DAP (aproximadamente 1,30 m da superfície do solo) mediante o emprego de broca extratora.

Tabela 19. Resultados da caracterização de propriedades físicas, energéticas e químicas da madeira de 12 matrizes de *E. viminalis* amostradas à idade de 20 anos, no município de Ponte Serrada, SC.

Número da matriz	Densidade básica (g/cm³)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel (%)	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Manose (mg/g)	Celobiose (mg/g)	Teor de açúcares (%)	Ranking para energia	Ranking para polpa
121	0,467	18,249	0,11	3,4	26,3	2,2	3,6	8,5	323,3	119,3	1,6	39,5	49,6	2	12
122	0,504	18,076	0,11	3,2	23,7	2,4	4,5	9,6	409,3	135,8	4,3	51,9	61,5	9	5
123	0,511	18,059	0,09	3,4	23,8	2,4	3,5	11,8	382,5	132,9	3,0	46,0	58,0	6	8
124	0,433	17,608	0,13	3,9	25,2	2,2	4,9	5,7	351,3	133,4	12,1	37,1	54,5	5	11
125	0,419	17,959	0,12	2,4	23,2	2,5	4,8	10,0	444,0	153,5	2,9	53,1	66,8	11	3
126	0,501	19,575	0,12	3,0	26,1	2,3	4,5	8,1	414,3	155,2	5,7	45,5	63,3	1	4
127	0,475	18,392	0,14	2,2	25,1	1,9	4,0	6,6	388,8	132,4	9,5	43,8	58,5	3	7
128	0,497	17,455	0,14	2,0	24,0	1,6	4,9	13,0	455,9	148,0	6,6	57,0	68,5	10	2
129	0,434	17,903	0,15	2,1	25,3	2,3	5,2	9,5	449,0	172,6	9,2	49,6	69,5	4	1
130	0,476	18,451	0,13	2,0	23,4	2,2	3,8	8,9	404,4	137,9	10,4	40,1	60,6	8	6
131	0,496	17,702	0,16	2,9	22,7	1,9	3,8	6,4	381,1	124,0	6,7	38,6	56,1	12	10
132	0,502	17,955	0,09	3,0	23,9	2,5	3,3	6,4	379,4	139,1	8,1	42,3	57,9	7	9
Média	0,476	18,115	0,12	2,8	24,4	2,2	4,2	8,7	398,6	140,3	6,7	45,4	60,4	-	-
Maior valor	0,511	19,575	0,16	3,9	26,3	2,5	5,2	13,0	455,9	172,6	12,1	57,0	69,5	-	-
Menor valor	0,419	17,455	0,09	2,0	22,7	1,6	3,3	5,7	323,3	119,3	1,6	37,1	49,6	-	-
Amplitude	0,092	2,120	0,08	1,9	3,6	0,9	1,8	7,3	132,6	53,3	10,6	19,9	19,9	-	-
Desvio padrão	0,032	0,548	0,02	0,6	1,2	0,3	0,6	2,2	39,6	14,8	3,3	6,4	5,9	-	-

Observação: Para as propriedades físicas e energéticas, a amostragem utilizada foi do tipo bagueta e, para a determinação do perfil químico, a amostragem foi do tipo farelo, ambas obtidas em nível de DAP (aproximadamente 1,30 m da superfície do solo) mediante o emprego de broca extratora.

No que se refere à caracterização química quanto ao conteúdo dos diferentes tipos de açúcares, pode-se afirmar que os resultados apresentados são inéditos para *E. viminalis*. Houve predominância dos compostos glicose e xilose, seguido pela celobiose, que responderam por quase a totalidade dos açúcares encontrados nas amostras analisadas. Por outro lado, os compostos arabinose, galactose e manose foram os menos representativos. Para densidade básica da madeira, teor de cinzas e teor de lignina, Pereira et al. (2000) publicaram resultados advindos de povoamentos mais jovens de *E. viminalis* (Tabela 20).

Tabela 20. Resultados de determinações de densidade básica da madeira, teor de cinzas e teor de lignina para diferentes procedências de *E. viminalis* plantado sob diferentes espaçamentos e amostrado em diversas idades.

Procedência	Local de plantio	Idade (anos)	Espaçamento (m x m)	Densidade básica (g/cm ³)	Teor de cinzas (%)	Teor de lignina (%)
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	1,0 x 1,0	0,486	1,6	25,9
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	2,0 x 1,0	0,494	1,7	25,9
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	2,0 x 1,5	0,498	1,7	26,5
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	2,5 x 1,6	0,491	1,6	26,2
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	2,5 x 2,0	0,468	1,7	26,1
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	4	3,0 x 2,0	0,486	2,0	26,3
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	1,0 x 1,0	0,535	-	24,8
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	2,0 x 1,0	0,526	-	25,4
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	2,0 x 1,5	0,541	-	25,0
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	2,5 x 1,6	0,527	-	25,5
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	2,5 x 2,0	0,525	-	25,8
Canela, RS	Rio Branco do Sul, PR	7	3,0 x 2,0	0,522	-	25,9
Eagle Hawk Neck, TAS	São Francisco de Paula, RS	8	2,5 x 2,5	0,449	1,6	22,9
SP E. Inverell, NSW	São Francisco de Paula, RS	8	2,5 x 2,5	0,493	1,4	23,2
Megalong Valley, NSW	Irati, RS	9,5	2,0 x 2,0	0,483	1,0	26,0
New England Rgs., NSW	Irati, RS	9,5	2,0 x 2,0	0,503	1,0	25,3
Rylstone, NSW	Irati, RS	9,5	2,0 x 2,0	0,505	1,0	25,0
SE Tenterfield, NSW	Irati, RS	9,5	2,0 x 2,0	0,476	1,0	22,5
Média	-	-	-	0,500	1,4	25,2

Legenda: TAS - Tasmania; NSW - New South Wales.

Fonte: Pereira et al. (2000).

Exceto para teor de cinzas, pode-se dizer que, em termos médios, os resultados para densidade básica e teor de lignina apresentados nas Tabelas 16 e 17 são comparáveis àqueles disponibilizados na literatura (Tabela 18), demonstrando que o perfil da espécie se mantém o mesmo em idades mais avançadas, como é o caso dos germoplasmas que foram estudados na Irani Papel e Embalagem S.A.. No ranqueamento das matrizes quanto à aptidão energética, considerou-se a densidade básica, poder calorífico superior e teor de lignina Klason com pesos iguais, sendo que a maior aptidão corresponde ao maior valor resultante da soma dessas três determinações. No que diz respeito à aptidão para processo de polpação, foi levado em conta apenas o teor total de açúcares, que é um reflexo do teor de holocelulose presente na madeira, sendo que, quanto maior o valor dessa variável, maior a aptidão para a fabricação de polpa celulósica.

Para o conjunto de matrizes das Populações-Base P1, P2 e P3 (Tabela 16), as de maior aptidão para uso energético são aquelas identificadas pelos números 109, 111 e 117. Já para polpação, os melhores genótipos são os de números 120, 117 e 108. No caso das matrizes selecionadas na População-Base P4, aquelas identificadas pelos números 126, 121 e 127 mostraram maior potencial para uso energético. Já para polpação, as de maior destaque foram as de números 129, 128

e 125. A clonagem dessas matrizes seria a melhor estratégia de aproveitamento de seu potencial, desde que confirmadas por meio de testes clonais instalados em vários ambientes, concomitantemente às avaliações para crescimento e características silviculturais, porém, a viabilidade dessa estratégia está na dependência da superação da marcante recalcitrância à propagação via estaquia.

Cotterill e Macrae (1997), ao realizarem uma análise crítica abrangente destacando a importância da pesquisa e tendo como base análises laboratoriais de desempenho das espécies *E. globulus*, *E. grandis*, *E. nitens* e *E. viminalis* como fonte de matéria-prima para as indústrias de celulose e papel, destacaram a boa aptidão desta última para determinados usos ao examinarem os resultados tecnológicos obtidos a partir de amostras de madeira extraídas sob as mesmas condições de crescimento e idade e submetidas ao mesmo tipo de processamento em laboratório. Os autores concluíram que, para a manufatura de papéis de maior densidade e resistência ao rasgo (estas alcançadas com menor necessidade de refino para se equiparem a *E. globulus* e *E. grandis*) e também de maior opacidade e de menor porosidade, *E. viminalis* e *E. nitens* atenderiam os requisitos necessários. Para se conseguir alta opacidade e baixa porosidade, pouco refino já seria suficiente, proporcionando economia de energia durante o processo e, consequentemente, diminuindo custos.

Ainda sob esse enfoque, Neiva et al. (2015) publicaram um estudo no qual compararam a composição química e o potencial de polpação pelo processo Kraft em 12 espécies de eucaliptos, aos seis anos de idade, entre as quais *E. viminalis*. Para essa espécie, os autores encontraram os seguintes resultados: teor de cinzas 0,6%, teor de extrativos 6,1%, teor de lignina Klason 23,2%, teor de lignina solúvel 3,6% e teor de holocelulose 68,1%. Para a condução do estudo foram utilizadas árvores provenientes de arboreto existente na Universidade de Lisboa, Portugal, sendo definidas ao acaso três árvores para representar cada espécie. O material destinado ao laboratório foi preparado a partir de um disco de madeira de 10 cm de espessura obtido da base da árvore. Segundo os autores, *E. viminalis*, à semelhança de *E. camaldulensis*, *E. rudis*, *E. resinifera* e *E. sideroxylon*, apresentou pequeno potencial para fabricação de polpa celulósica e papel nas condições testadas, muito embora tenham comentado que, levando-se em consideração as particularidades da madeira dessas espécies, melhores resultados poderiam ser obtidos a partir de ajustes nos processos utilizados.

Por sua vez, diversos trabalhos de pesquisa voltados para a industrialização da madeira na forma de painéis compensados ureicos (Iwakiri et al., 2012), lâminas e compensados (Iwakiri et al., 2013) e painéis de lâminas paralelas do tipo LVL (Iwakiri et al., 2016) atestaram que a espécie *E. viminalis* apresentava boas características para manufatura desses produtos.

Pode-se afirmar que, com base em constatações de ordem prática e também em levantamentos efetuados na literatura técnico-científica, o potencial de aproveitamento da espécie para finalidades não energéticas ainda está longe de ser explorado. Tem-se, portanto, oportunidades para se unificarem esforços em prol da obtenção de melhores produtividades de madeira e qualidades das árvores, bem como da utilização da espécie em processos de agregação de valor, por exemplo via manufatura de chapas e painéis, que são, por sua vez, demandados para as mais variadas aplicações industriais, atendendo os anseios das empresas e da sociedade em geral.

Estratégia clonal

Enxertia

A fase de formação de enxertos demandou um longo período até as plantas estarem aptas para a enxertia, com tempo total de 12 meses. Decorridos seis meses foi feita a adubação para estimular

o crescimento dos caules, que constou de: sulfato de amônio (4 g/L), superfosfato simples (10 g/L), FTE BR-12 (1 g/L) e cloreto ou nitrato de potássio (4 g/L). Foram aplicados semanalmente 200 mL da solução por muda, até atingirem a dimensão adequada para a enxertia.

Levando-se em conta a quantidade de porta-enxertos disponíveis em dezembro de 2016, foi possível enxertar 20 mudas de cada matriz das Populações-Base P1, P2, P3 e P4 de *E. viminalis*. O trabalho de enxertia foi realizado por duas equipes, uma formada pela Embrapa-Irani Papel e Embalagem S.A. (quatro membros) e a outra pela empresa contratada Kolekti (três membros), sendo convergidos os esforços de ambas em prol de uma adequada condução da atividade. O grupo da Embrapa-Irani Papel e Embalagem ficou responsável por oito repetições e o grupo da Kolekti por 12.

Diariamente, entre seis e oito matrizes foram escaladas para a coleta de hastes destinadas à enxertia e também para a obtenção de amostras de sementes quando disponíveis. No momento do processamento dos ramos em solo foram anotadas a presença de botões florais e, ou frutos. O material foi transportado ao viveiro à medida que as coletas foram realizadas para a enxertia, devidamente acondicionado em contêineres contendo gelo para manter temperaturas amenas, sendo parte das hastes das matrizes manuseadas ainda no período da manhã e parte no período da tarde.

A técnica de enxertia aplicada foi a de garfagem de topo em praticamente 100% das mudas trabalhadas. As hastes foram submetidas individualmente a cortes de acabamento (sendo mantidas algumas folhas inteiras para realização da fotossíntese e transporte de seiva) e tratadas em cubas contendo solução de hipoclorito de sódio e fungicida. A sequência de banhos foi a seguinte: solução de hipoclorito de sódio (50 mL em 10 L de água), água limpa fornecida pela empresa de abastecimento público Casan, solução de fungicida não sistêmico de ação preventiva (1 g i.a. em 10 L de água) e novamente água limpa. A escolha das partes vegetais do enxerto e do porta-enxerto a serem conectadas foi condicionada segundo dimensões compatíveis quanto ao diâmetro e, após os respectivos cortes de afilamento em bisel e de seccionamento longitudinal, as mesmas foram unidas e presas firmemente com fitilho, dando-se várias voltas com o tipo biodegradável e finalizando posteriormente com o comum, neste caso quando o material estava muito lignificado para permitir um maior acoplamento até o pegamento.

Foram mantidas entre duas e seis folhas adultas, algumas eventualmente seccionadas transversalmente. Um rápido borrifo de solução fungicida foi aplicado em direção da posição de união entre enxerto e porta-enxerto. Finda essa parte, fez-se a colocação do saquinho plástico, sendo amarrado na base com barbante aplicando força suficiente para prendê-lo ao caule. Antes, porém, cada embalagem plástica também recebeu previamente um borrifo de solução fungicida. Estes saquinhos foram recobertos com sacos de papel pardo contendo pequenos orifícios feitos com tesoura ou furador de papel para possibilitar a passagem de pequena quantidade de luz e, ao mesmo tempo, para atenuar a forte radiação solar daquela época do ano, o que poderia ocasionar a deterioração dos tecidos jovens dos enxertos. Os envoltórios em papel ficaram afirmados na planta mediante o uso de elásticos de borracha. Todos os vasos foram acomodados no interior da casa de sombra, sendo deixado um espaço para circulação a cada três fileiras, para as vistorias periódicas que foram efetuadas ao longo dos meses seguintes.

A irrigação das mudas pelo sistema de aspersão foi programada para três turnos de 30 minutos, sendo o primeiro das 7h00 às 7h30, o segundo das 12h00 às 12h30 e o último das 18h00 às 18h30. Além disso, foi instalada uma mangueira d'água para molhamento direto dos vasos para complementar a umidificação do substrato em dias muito quentes ou na ausência prolongada de chuva.

Um total de 32 matrizes de *E. viminalis* foram enxertadas, oriundas das Populações-Base P1, P2, P3 e P4. Como foram realizadas 20 cópias por matriz, o trabalho proporcionou obter a quantia de 640 plantas enxertadas. Todos os enxertos foram identificados com plaquetas plásticas afixadas com arame encapado na base das plantas enxertadas, nas quais foram anotados: nome da espécie, nº da matriz, nº da repetição e data de realização.

Das matrizes escaladas, foram detectadas a presença de botões florais e, ou frutos em 28 matrizes (87,5%), cujas idades eram de 20 e 30 anos à época. Em 17 matrizes (53%) foi possível coletar uma pequena quantidade de frutos maduros. Com base nesse levantamento fenológico realizado no início do mês de fevereiro de 2017, notou-se evidências de início de maturidade reprodutiva para a maioria das plantas. Em apenas quatro matrizes (12,5%) não foram encontrados botões florais e tampouco frutos.

As plantas enxertadas foram sendo examinadas periodicamente durante os meses que se sucederam quanto ao pegamento e condições gerais. Com base nas constatações visuais efetuadas, optou-se por retirar completamente a proteção do saquinho de papel para permitir a realização da fotossíntese pelos brotos; em seguida, desamarrou-se os saquinhos plásticos (envoltórios) da maioria das plantas para maior arejamento dos tecidos jovens. Os envoltórios propriamente permaneceram recobrimdo os enxertos por um período adicional de até dez dias, sendo finalmente removidos definitivamente. A expectativa foi a de que os enxertos mais adiantados já estivessem apresentando, ao final desse período, alguns pares de folhas bem evidentes. Esse tempo adicional de proteção pelos envoltórios, agora parcial, contribuiu para a aclimação gradual do material antes de ficar completamente exposto às condições ambientais, mesmo que isso tivesse ocorrido num primeiro momento ainda sob a proteção de sombrite, na casa de sombra. Nesse meio tempo, quando foram encontradas plantas com saquinhos plásticos amarrados, apenas soltou-se o barbante.

Em abril de 2017, os vasos contendo enxertos sobreviventes foram examinados com o objetivo de avaliar o pegamento dos enxertos e seu desenvolvimento, condição fitossanitária geral e ocorrência de brotações provenientes dos porta-enxertos, condicionando, conseqüentemente, as intervenções de manejo necessárias. Com base nas constatações efetuadas, foram tomadas as seguintes providências: a) remoção definitiva do envoltório plástico (camisa), mantendo-se apenas a saco de papel; b) remoção definitiva da camisa e do saco de papel; c) remoção do saco de papel e da camisa, aplicação de solução de fungicida sobre os brotos novos emitidos e recolocação dos envoltórios protetores e d) corte definitivo da planta (eliminação mediante corte próximo à base devido à morte do enxerto e, ou do porta-enxerto).

Uma parte das sacolas de papel em uso foram substituídas devido ao fato de estarem deterioradas principalmente pela ação da água. Essas ações em conjunto visaram melhorar o desenvolvimento e a chance de sobrevivência das plantas que foram manuseadas no processo de propagação.

Nessa ocasião também foi feita, sempre que necessária, a remoção de partes necrosadas dos enxertos mediante o uso de tesoura de poda, além da retirada de brotações novas do caule provenientes dos porta-enxertos, as quais competem em crescimento com os brotos recém emergidos dos enxertos. As ferramentas foram sendo repetidamente esterilizadas em álcool etílico 92,8°, para minimizar o risco de ocorrência de contaminações.

Em avaliações subseqüentes constatou-se expressiva mortalidade de porta-enxertos, sendo a causa provável o excesso de água nos vasos. A composição do substrato utilizado (terra de subsolo) dificultou a drenagem, fator este que, associado à estação chuvosa mais a irrigação, culminaram com a morte de significativa quantidade de plantas. Para evitar perdas adicionais, a recomendação

foi efetuar permanentemente vistorias para verificar a condição de umidade dos vasos, condicionando a necessidade ou não de se realizar os turnos de irrigação por aspersão ou ainda a sua duração. Os vasos contendo plantas mortas foram sendo sistematicamente removidos da área protegida. Devido à ocorrência de fungos foliares, foi feita a aplicação de produtos químicos, conforme rotina empregada na produção comercial de mudas no viveiro da empresa.

A contagem de enxertos viáveis decorridos três meses totalizou apenas 36 unidades, correspondendo, portanto, a 5,6% de sucesso. Essa taxa de pegamento foi muito abaixo da esperada, evidenciando a grande dificuldade em se trabalhar com a espécie sob esse enfoque de propagação. Atenção especial foi dada às poucas plantas remanescentes para garantir uma quantidade mínima de enxertos bem formados para uso futuro.

Sob orientação da Embrapa Florestas, a equipe da Irani Papel e Embalagem S.A. reacomodou os enxertos remanescentes no interior da casa de sombra, formando um conjunto de vasos contendo plantas saudáveis, já que todos os vasos sem enxertos foram retirados desse ambiente. Naqueles que permaneceram, as plantas mortas foram cortadas com alicate de modo a restar pouca parte aérea.

Na sequência, deu-se início à programação de aplicação de adubos com o intuito de favorecer o crescimento e o alongamento, respeitando as seguintes especificações: sulfato de amônio (16 g/L), superfosfato simples (6 g/L), FTE BR-12 (0,5 g/L) e cloreto ou nitrato de potássio (6 g/L). O preparado foi aplicado semanalmente na quantidade de 200 mL por muda, até as plantas atingirem a conformação desejada.

Em agosto de 2017 restaram apenas três plantas enxertadas, o que correspondeu a uma taxa de sobrevivência de apenas 0,6% em relação ao número original de enxertos. Ainda assim, foram submetidas aos cuidados habituais, ou seja: a) remoção de partes de enxertos com aparência enegrecida devido à infestação por fungos e b) retirada de brotações no caule de porta-enxertos. O retrospecto quantitativo das contagens periódicas das plantas enxertadas pode ser visualizado na Figura 34. Em meados de 2018 apenas duas plantas permaneceram vivas. Os resultados obtidos inviabilizaram completamente a atividade de formação de pomar clonal de sementes para a espécie.

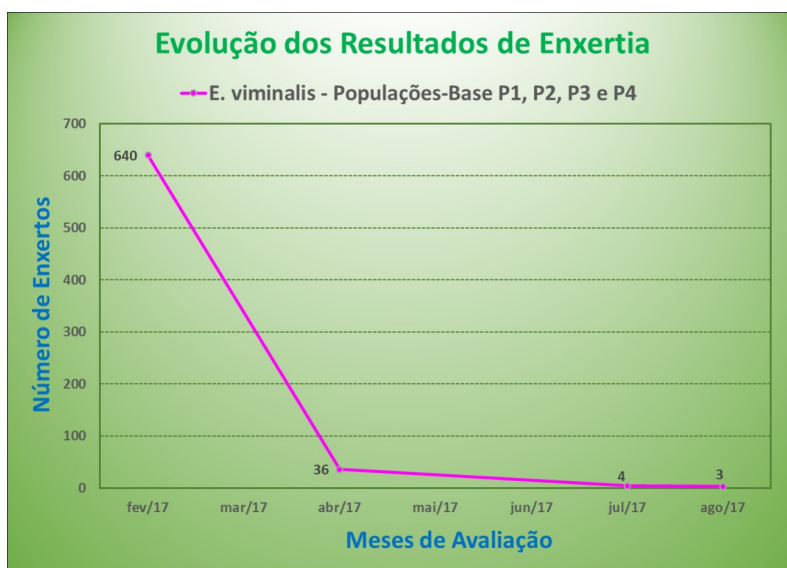


Figura 34. Representação da quantidade de enxertos disponíveis em função dos meses decorridos.

Observou-se que os principais motivos da grande perda de plantas enxertadas foram a não conexão de xilema e floema entre o porta-enxerto e o enxerto, com a consequente não cicatrização entre ambas, o necrosamento de ramos e folhas jovens e a morte precoce do porta-enxerto.

Moore e McGarry (2017) relatam que o uso da técnica de borbulhia de placa funcionou bem em mudas da espécie *E. viminalis*, com taxa de pegamento de 50% e de 17,5% na condição de posicionamento da borbulhia rotacionada a 0° e 180° em relação à orientação original do câmbio, respectivamente. Nos posicionamentos de 90° e 270° as taxas de pegamento foram muito baixas. Essa possibilidade pode ser investigada como técnica alternativa ao método de garfagem utilizado no trabalho de propagação conduzido na Irani Papel e Embalagem S.A. e que se mostrou ineficaz.

As Figuras 35 a 38 ilustram as diversas etapas relacionadas à formação d porta-enxertos e o aspecto de planta enxertada mantida em vaso, com bom pegamento e adequadamente desenvolvida.



Figura 35. Porta-enxertos em início da sua formação. Viveiro da empresa Irani Papel e Embalagem S.A. em Vargem Bonita, SC.



Figura 36. Porta-enxertos em desenvolvimento. Viveiro da empresa Irani Papel e Embalagem S.A. em Vargem Bonita, SC.



Figura 37. Porta-enxertos completamente formados e prontos para enxertia. Viveiro da empresa Irani Papel e Embalagem S.A. em Vargem Bonita, SC.



Figura 38. Aspecto geral do desenvolvimento em vaso de planta enxertada. Viveiro da empresa Irani Papel e Embalagem S.A. em Vargem Bonita, SC.

Alporquia

Os estudos relacionados à alporquia foram conduzidos a partir de brotações emitidas em quatro matrizes da espécie após estresse promovido por anelamento basal. O detalhamento e os resultados obtidos são descritos a seguir.

Num primeiro momento, as alporquias foram executadas em três matrizes da População-Base P4 de *E. viminalis* (nº 123, 124 e 126) as quais, à época, contavam com 21 anos de idade. Empregou-se três tipos de substrato (terra pura peneirada; mistura em proporções iguais de terra e substrato florestal e substrato florestal puro), com ou sem pincelamento de hormônio AIB (na concentração de 2.000 ppm) na região dos anelamentos/ferimentos. Para a montagem dos envoltórios nos brotos foram utilizadas embalagens plásticas transparentes e barbante. Havendo necessidade de escoamento, os brotos submetidos ao teste foram firmados na matriz mediante o uso de barbante ao redor do tronco. Num segundo momento, decorridos seis meses, portanto à idade de 21,5 anos, foi possível aproveitar novos brotos da Matriz nº 123 e ainda incluir a Matriz nº 127 no processo experimental. Nesta oportunidade, foi feito o uso de dois tipos de substrato (terra pura; mistura em proporções iguais de terra e substrato florestal), anelamento total e parcial do caule do broto e, ainda, com ou sem aplicação de hormônio AIB (na concentração de 2.000 ppm) na região dos anelamentos/ferimentos. Da mesma forma que na ocasião anterior, para a montagem dos envoltórios nos brotos, foram também utilizadas embalagens plásticas transparentes e barbante. A Tabela 21 contém a descrição dos tratamentos aplicados em cada matriz.

Tabela 21. Tratamentos experimentais aplicados às matrizes de *E. viminalis* submetidas à alporquia, nos meses de fevereiro e agosto de 2017.

Nº da matriz	Nº de brotos aproveitados	Tratamentos aplicados
123	3	1 - Substrato florestal com hormônio. 2 - Mistura de terra e substrato com hormônio e anelamento total. 3 - Mistura de terra e substrato sem hormônio e anelamento parcial.
124	3	1 - Terra pura sem hormônio. 2 - Substrato florestal sem hormônio. 3 - Mistura de terra e substrato com hormônio.
126	2	1 - Mistura de terra e substrato com hormônio. 2 - Mistura de terra e substrato sem hormônio.
127	1	1 - Terra pura com hormônio e anelamento total.

A propagação vegetativa de plantas arbóreas por alporquia normalmente requer muito tempo até que se tenha eventuais respostas, portanto, o acompanhamento foi estendido por vários meses, examinando-se periodicamente a reação quanto aos tratamentos que foram aplicados e fazendo-se o controle preventivo de formigas cortadeiras nas proximidades das matrizes trabalhadas.

Diante das constatações efetuadas no início de 2018, ocasião em que o tempo decorrido desde a aplicação dos tratamentos teria sido suficiente para avaliar se a técnica resultasse em algum sucesso ou não, infelizmente não foram obtidos os resultados esperados em nenhuma situação, ou seja, não houve emissão de raízes. Observou-se apenas a formação de calosidades denotando que a diferenciação dos tecidos da parte aérea em raízes não aconteceu. Em face disso, ficou evidente que, para a espécie *E. viminalis*, nas idades e nas condições pedoclimáticas consideradas, a técnica foi ineficaz. As Figuras 39 a 45 ilustram as operações realizadas em campo relacionadas ao uso da referida técnica.



Figura 39. Aspecto da região basal de matriz após finalização do anelamento. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 40. Brotações decorrentes do estresse provocado pelo anelamento. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 41. Preparação de brotações em matriz da População-Base P4. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 42. Brotações de matriz da População-Base P4 após serem submetidas à alporquia experimental. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 43. Detalhe do alporque em matriz da População-Base P4. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 44. Brotações de matriz da População-Base P4 submetida à alporquia aberta na extremidade superior. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).



Figura 45. Aspecto da região do alporque degenerada em matriz da População-Base P4. Fazenda Pinho (Ponte Serrada, SC).

Benefícios alcançados

Durante os anos de trabalho dedicados ao estudo das populações de *E. viminalis*, graças à parceria entre a Embrapa Florestas e a Irani Papel e Embalagem S.A., novos conhecimentos foram obtidos, que certamente contribuíram para reavivar o interesse em se plantar essa espécie. Tópicos de interesse geral, tais como adaptação às condições do meio, variabilidade genética e fenotípica, caracterização silvicultural e da madeira, potencial de aproveitamento industrial, fenologia reprodutiva e propagação vegetativa foram contemplados nas pesquisas.

Os trabalhos de avaliação de crescimento e de qualidade da madeira em árvores já na maturidade demandaram esforços extras para a sua consecução, em função do destacado porte das árvores, contudo, favoreceram a seleção final com vistas à produção de sementes melhoradas. As espécies subtropicais de eucaliptos normalmente requerem muito anos de crescimento antes de iniciarem o ciclo reprodutivo.

Os compromissos técnicos acordados no contrato de cooperação técnica junto ao parceiro privado foram cumpridos em grande parte, sendo reavaliados constantemente com o intuito de atender o cronograma pré-estabelecido, fazendo-se as devidas adequações conforme as condições operacionais e prioridades.

Um dos benefícios que merece destaque foi o manejo das unidades experimentais, havendo a retirada de árvores que não possuíam os padrões desejados. Com isso, proporcionaram-se condições para a obtenção de sementes de melhor qualidade para atender prontamente a programação de plantio da empresa e, futuramente, também de terceiros. Mediante as intervenções realizadas, o padrão silvicultural das áreas contendo eucaliptos foi sensivelmente aumentado, minimizando os riscos de ocorrência de sinistros tais como acidentes de trabalho, incêndios, proliferação de insetos-praga e doenças etc. Como consequência disso, liberou-se um volume considerável de madeira para comercialização.

Por fim, um maior entendimento sobre as particularidades do processo de obtenção de mudas seminais, decorrente especialmente do compromisso de se produzir um elevado número de mudas para servirem como porta-enxertos para a implantação de um pomar clonal de sementes, o qual infelizmente não foi possível dada às dificuldades de pegamento das enxertias, conforme relatado anteriormente, também merece ser destacado. Nesse sentido, variáveis como tempo de preparo de mudas, vulnerabilidade a agentes biológicos potencialmente danosos, necessidades hídricas e de radiação solar, exigências nutricionais, entre outros aspectos, foram sendo acompanhados sistematicamente.

Desafios e perspectivas

E. viminalis é uma espécie relativamente antiga na silvicultura brasileira e, por algum tempo, deixou de ser considerada estratégica em programas de melhoramento genético, em parte porque as espécies *E. benthamii* e *E. dunnii* tornaram-se bem-sucedidas competidoras naturais. Uma das comprovações dessa assertiva é a gradativa redução da área plantada e a menor quantidade de artigos científicos e contribuições técnicas versando sobre *E. viminalis* que foram publicadas ao longo do tempo, comparativamente a *E. benthamii* e *E. dunnii*.

Dentre as suas limitações, o longo tempo de espera até que as plantas atinjam a maturidade reprodutiva deve ser enfatizado. Nesse contexto, o comportamento fenológico é muito semelhante a *E. dunnii*. Outro ponto crítico é a forte recalcitrância a processos de multiplicação clonal, configurando-se como um dos problemas mais sérios a serem superados. Técnicas que funcionam muito bem em germoplasmas tropicais são totalmente inócuas ao serem aplicadas à espécie. Essa baixíssima reatividade de *E. viminalis* vai exigir estudos mais elaborados, preferencialmente com o suporte de especialistas em fisiologia vegetal, micropropagação e até de edição gênica, abrindo-se novas oportunidades de interação com essas áreas do conhecimento.

As populações-base que embasaram as pesquisas conduzidas com a espécie mostram-se bastante promissoras em corresponder, no curto prazo, aos interesses da indústria quanto à aplicabilidade da madeira como suprimento energético estratégico para as caldeiras da fábrica de celulose. No prosseguimento dos trabalhos de pesquisa, a verificação da qualificação da madeira para usos diversificados pode resultar em novas perspectivas, principalmente num cenário de tornar as indústrias autênticas biorrefinarias, produtoras de bioprodutos de alto valor agregado, à semelhança das petroquímicas.

Existem ainda muitos desafios a serem superados quando se trabalha com a espécie *E. viminalis*, dentre eles a superação da recalcitrância às diversas técnicas de propagação vegetativa, como enxertia, estaquia e alporquia. Por outro lado, o avanço de geração de melhoramento pela via seminal tradicional, por meio de testes de progênies seguidos de novas seleções (seleção recorrente intrapopulacional), deve auferir significativos ganhos, em termos de taxa de crescimento, características silviculturais e atributos associados à qualificação da madeira aos usos pretendidos. Nesse sentido, um importante passo já foi dado, que foi justamente transformar as populações-base de melhoramento em unidades produtoras de sementes melhoradas.

Considerações finais

Após um significativo hiato, trabalhos de pesquisa na área de melhoramento genético da espécie *E. viminalis* foram retomados pela Embrapa, porém, agora em sintonia com o novo contexto da silvicultura de eucaliptos nas regiões frias do sul do Brasil. O clima da parte meridional do País, na melhor das hipóteses, continuará o mesmo, ou pode se tornar ainda mais drástico, dependendo do ano, perante as alterações climáticas globais, impondo restrições ainda mais severas ao cultivo devido aos riscos inerentes associados às baixas temperaturas durante a estação de inverno, tais como geadas branca e negra e, eventualmente, neve. Por esses motivos, não se deve negligenciar esforços em prol do desenvolvimento de materiais cada vez mais adaptados, em face da importância regional de se produzir madeira para atender as necessidades de produtores rurais, olarias, cerâmicas e indústrias de forma geral.

Particularmente para os germoplasmas abordados na presente publicação, o fator tempo contribuiu favoravelmente para que eles fossem submetidos, ano após ano, aos processos condicionados pelas forças seletivas do meio biótico e abiótico, fazendo com que apenas os genótipos mais aptos sobrevivessem e fossem capazes de transmitir seus alelos aos descendentes. A intervenção dos melhoristas foi crucial para agregar, à característica boa adaptação, também maior crescimento e melhor qualidade das árvores e de sua madeira.

Alguns desafios ainda não foram superados e requerem mais estudos para se ter pleno sucesso. A clonagem é, sem dúvida, um dos mais críticos. Com os avanços que vêm sendo conseguidos na propagação de outras espécies florestais, é possível que se encontre o caminho para viabilizar a clonagem em escala comercial, o que pode representar um enorme salto em termos de produtividade e uniformidade das plantações.

A presente publicação procurou reunir informações, resultados e experiências disponíveis na literatura e os decorrentes da parceria de pesquisa entre a Embrapa e a Irani Papel e Embalagem S.A.. Acreditamos que o propósito foi atingido ao contribuir com o conhecimento científico, técnico e operacional. Finalmente, deve-se considerar que *E. viminalis*, em nenhum momento, deixou de ser uma espécie importante para o agronegócio florestal e os trabalhos que vêm sendo conduzidos comprovam isso.

Agradecimentos

Aos técnicos da Embrapa Florestas: Roberto Carletto, Harry Albino Hoffmann e Jacir Faber e Antonio Sadao Kodama (aposentado), pelo auxílio na interpretação de mapas de campo e identificações, obtenção dos dados experimentais e execução de atividades operacionais relacionadas às ações de pesquisa.

Às assistentes Tiélidy Angelina de Moraes de Lima e Simone Aparecida Sopchaki e ao analista Fabrício Augusto Hansel, da Embrapa Florestas, pelo esmero no processamento das amostras, condução das análises laboratoriais e tabulação dos resultados das determinações.

Ao pesquisador João Bosco Vasconcellos Gomes e ao analista Wilson Anderson Holler, da Embrapa Florestas, pela disponibilização das informações sobre os tipos de solos presentes nas áreas experimentais da Irani Papel e Embalagem S.A..

Ao engenheiro florestal Glauco Simão Zanata, Coordenador Florestal da Irani Papel e Embalagem S.A., pelos encaminhamentos e prontidão no atendimento das necessidades operacionais para viabilização dos trabalhos de campo.

Aos engenheiros florestais Denis Baialuna, Gerente Florestal da Irani Papel e Embalagem S.A., Gustavo Vianna Henning, ex-Coordenador Florestal da Irani Papel e Embalagem S.A., Paula Burigo Vandresen, ex-Supervisora de Pesquisa e Qualidade da Irani Papel e Embalagem S.A. e Lorenzo Teixeira de Melo da Silva, ex-Coordenador de Planejamento e Pesquisa Florestal da Irani Papel e Embalagem S.A., pela presteza e apoio prestados em diferentes momentos durante os anos de vigência do Contrato de Parceria com a Embrapa Florestas.

Às equipes de suporte à pesquisa e de silvicultura da Irani Papel e Embalagem S.A., representada especialmente pelos colaboradores Valmir Antonio Prado, Luan Picoli, Miria Cristina Olbermann de Lima e Cristian Mateus Rodrigues, pela viabilização dos trabalhos realizados em viveiro e campo de forma geral.

Referências

- ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. 2. ed. Jundiaí, SP: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 665 p.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. Department of Agriculture, Water and the Environment. **Forest profiles**: Eucalypt forest. Canberra, 2020. Disponível em: <<https://www.agriculture.gov.au/abares/forestsaustralia/profiles/eucalypt-2019>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; STOLLE, L. **Levantamento detalhado de solos das áreas de produção da Celulose Irani S.A.**: unificação das legendas. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 42 p. Relatório interno, não publicado.
- BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5th ed. Collingwood: CSIRO Publishing, 2006. 736 p.
- CAPPA, E. P.; PATHAUER, P. S.; LOPEZ, G. A. Provenance variation and genetic parameters of *Eucalyptus viminalis* in Argentina. **Tree Genetics and Genomes**, n. 6, p. 981-994, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11295-010-0307-9>.
- CARMO, A. L. M.; GARCIA, F. A. O.; PERES, F. S. B. Ocorrência de minicâncer em *Eucalyptus viminalis* Labill. no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 16, p. 1634-1640, 2013.
- COTTERILL, P.; MACRAE, S. Improving eucalyptus pulp and paper quality using genetic selection and good organization. **Tappi Journal**, v. 80, n. 6, p. 82-89, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21). Elaborado por: A. A. Carpanezzi, J. C. D. Pereira, P. E. C. Carvalho, A. Reis, A. R. R. Vieira, E. Rotta, J. A. Sturion, M. de J. Rauen, R. A. Silveira. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/294054>>.
- EUCALYPTUS *viminalis* subsp. *cygnetensis*. In: EUCLID: Eucalypts of Australia. Canberra: Centre for Australian National Biodiversity Research, 2015a. Disponível em: <http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_viminalis_subsp._cygnetensis.htm>. Acesso em: 3 abr. 2020.
- EUCALYPTUS *viminalis* subsp. *hentyensis*. In: EUCLID: Eucalypts of Australia. Canberra: Centre for Australian National Biodiversity Research, 2015b. Disponível em: <http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_viminalis_subsp._hentyensis.htm>. Acesso em: 3 abr. 2020.
- EUCALYPTUS *viminalis* subsp. *pyroriana*. In: EUCLID: Eucalypts of Australia. Canberra: Centre for Australian National Biodiversity Research, 2015c. Disponível em: <http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_viminalis_subsp._pyroriana.htm>. Acesso em: 3 abr. 2020.
- EUCALYPTUS *viminalis* subsp. *viminalis*. In: EUCLID: Eucalypts of Australia. Canberra: Centre for Australian National Biodiversity Research, 2015d. Disponível em: <http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_viminalis_subsp._viminalis.htm>. Acesso em: 3 abr. 2020.
- FLOSS, P. A.; DA CROCE, D. M.; BOHNER, J. A. M.; HIGA, A. R. Teste de procedências e progênes de *Eucalyptus viminalis* Labill na região oeste de Santa Catarina-Brasil. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS=CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings... = Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1. p. 368-371.
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular Técnica IPEF**, v. 171, p. 1-11, 1989.
- GUIA geográfico Austrália. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.guiageografico.com%2Foceania%2Faustalia%2Fmapa-politico.htm&psig=AOvVaw1pgHkCXUU558ey9t3tLkF&ust=1596840863561000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxxqFwoTCLCHxvFh-sCFQAAAAAdAAAAABAI>>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. de. Comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS = CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings... = Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997a. v. 1. p. 106-110.
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de; KODAMA, A. S.; LAVORANTI, O. Programa de melhoramento de eucalipto na Embrapa. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS = CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings... = Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997b. v. 1. p. 377-385.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2019**. Brasília, DF, 2019. 80 p.

IWAKIRI, S.; SANCHES, F. G.; POTULSKI, D. C.; SILVA, J. B.; ANDRADE, M.; MARCHESAN, R. Avaliação do potencial de uso de espécies de pinus tropicais e eucalipto na produção de painéis compensados ureicos. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 277-284, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i2.20657>.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G.; TRIANOSKI, R.; SILVA, L. S. Evaluation of the use potential of nine species of genus *Eucalyptus* for production of veneers and plywood panels. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 263-269, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000200010>.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; MULLER, B. V.; CARVALHO, D. E.; FREITAS JUNIOR, J. A.; ROSA, T. S. Avaliação do potencial de uso de seis espécies do gênero *Eucalyptus* na produção de painéis de lâminas paralelas - LVL. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 351-359, 2016.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: EDUSP, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 434 p.

MOORE, G. M.; MCGARRY, P. G. Investigation of the potential for bark patch grafting to facilitate tree wound closure in arboricultural management practice. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 43, n. 5, p. 186-198, 2017.

NEIVA, D.; FERNANDES, L.; ARAÚJO, S.; LOURENÇO, A.; GOMINHO, J.; SIMÕES, R.; PEREIRA, H. Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species. **Industrial Crops and Products**, n. 66, p. 89-95, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.016>.

OLIVEIRA, J. G. de. *Eucalyptus* tree improvement program at Rigesa. In: BILATERAL SYMPOSIUM BRAZIL-FINLAND ON FORESTRY ACTUALITIES, 1988, Curitiba. **Proceedings...** Curitiba: UFPR, 1988. p. 155-161.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/281005>>.

PIMENTEL-GOMES F.; GARCIA C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

QUEIROZ, D. L. de; TAVARES, W. de S.; ARAÚJO, C. R.; BURCKHARDT, D. New country, Brazilian states and host records of the eucalypt shoot psyllid *Blastopsylla occidentalis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201701533, p. 1-4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701533>.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Aplicación de técnicas de análisis multivariado en el estudio de la divergencia genética entre procedencias de *Eucalyptus viminalis*. In: JORNADAS SOBRE EUCALIPTOS DE ALTA PRODUCTIVIDAD, 1991, Buenos Aires. **Actas**. v. 1. p. 139-154.

SANTA CATARINA. Departamento de Geografia e Cartografia. **Atlas geográfico de Santa Catarina**. 1958. Não paginado.

SANTOS, P. E. T. dos; PALUDZYSZYN FILHO, E.; SILVA, L. T. M. da; VANDRESEN, P. B. Genetic variation for growth and selection in adult plants of *Eucalyptus badjensis*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 4, n. 38, p. 457-464, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-475738420150041>.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (Org.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, RS: Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 308 p.

SHIMIZU, J. Y. Aptidão de espécies e procedências de *Eucalyptus* para reflorestamento no Planalto do Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 12, p. 1-11, 1986. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/282061>>.

SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; TREVISAN, R. Nutrientes minerais e a seca do *Eucalyptus viminalis* Labill. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o Desenvolvimento**: Política, Ambiente, Tecnologia e Mercado: anais. São Paulo: SBS; [S.I.]: SBEF, 1993. v. 1. p. 259-261.

STURION, J. A. **Controle genético da densidade básica da madeira de *Eucalyptus viminalis* Labill**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/314704>>.

STURION, J. A. **Variação genética de características de crescimento e de qualidade da madeira em progênies de *Eucalyptus viminalis* Labill**. 1993. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

YEAR BOOK AUSTRALIA. Canberra: Australian Bureau of Statistics, n. 92, 2012. 885 p. (ABS Catalogue, 1301.0).

